

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program M2301 – Strojní inženýrství

Strojírenská technologie

zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

**Vliv technologických parametrů vstřikování na lesk a barvu u dezénovaných
dílů z polypropylenu**

**Influence of technological parameters of injecting on gloss and colour on
patterned parts from polypropylen**

Tomáš Oplť

KSP – TP – 798

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Petr Lenfeld – *TU v Liberci*

Konzultant diplomové práce: Ing. Milan Vojtěch – *Grupo Antolin Turnov*

Rozsah práce:

Počet stran 73
Počet tabulek 39
Počet obrázků 46

Datum: 4.1.2008

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: M2301 – Strojní inženýrství
Diplomant: Tomáš Oplť
Téma práce: Vliv technologických parametrů vstřikování na lesklost a barvu u dezénovaných dílů z polypropylenu

Influence technological parameters of injecting on gloss and colour on patterned parts from polypropylen

Číslo DP: KST – TP - 798
Vedoucí DP: Doc. Dr. Ing. Petr Lenfeld – *TU v Liberci*
Konzultant: Ing. Milan Vojtěch – *Grupo Antolin Turnov*

Abstrakt:

Technologické parametry při vstřikování plastů ovlivňují zásadním způsobem výsledné užité vlastnosti vstřikovaných dílů a nepřímo souvisí i s jejich konečnou cenou a ekonomikou podniku. Tato diplomová práce hodnotí vliv jednotlivých

parametrů vstřikování na vzhledové vlastnosti vstřikovaných dílů, které odůvodňuje na základě výsledků měření jejich lesku a barevného odstínu. Práce vychází z jichž známých teorií o vlivu technologických parametrů na vzhled a kvalitu povrchu výstřiku.

Abstract:

Technological parameters by plastic injection affects by the fundamental way the results utility characters of injections parts and is indirectly connected with its end price of products and economy of the company. This diploma evaluates the influence of each parameters of injections for design characters of injections parts to which gives reasons for a base of measurement results of its gloss and colour shade. Diploma goes out of already known theories about the technological parameters influence for the design and quality of injections surface.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 4.ledna 2008

.....

Tomáš Oplt

Doubí 99

463 45 Pěnčín

Poděkování:

Na začátku této diplomové práce bych rád touto cestou poděkoval firmě Grupo Antolin Turnov, zejména konzultantovy diplomové práce Ing. Milanu Vojtěchovi a Ing. Františku Hejlíkovi za ochotu a poskytnutí všech potřebných prostředků k vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval vedoucímu katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci doc. Dr. Ing. Petru Lenfeldovi za poskytnutí odborných rad a pomoc s vypracováním této diplomové práce.

OBSAH

Seznam použitých zkratk a symbolů	8
1 Úvod	9
2 Teoretická část	10
2.1 Technologie vstřikování	10
2.1.1 Princip vstřikování termoplastů	10
2.1.2 Vstřikovací cyklus	11
2.1.3 Vstřikovací stroj	14
2.1.4 Nástroj pro vstřikování termoplastů	17
2.2 Průvodní a následné jevy při vstřikování	20
2.3 Vliv technologických parametrů vstřikování na vzhled povrchu	23
2.4 Vliv použitého materiálu na vzhled povrchu	30
2.5 Vliv stroje a nástroje na vzhled povrchu	31
3 Experimentální část	33
3.1 Vybraný plastový díl	33
3.2 Použitý materiál	34
3.3 Vstřikovací stroj	35
3.4 Vstřikovací forma	36
3.5 Přípravky použité pro experimentální měření	37
3.5.1 Přístroj na měření lesku	37
3.5.2 Přístroj na měření barevného odstínu	38
3.5.3 Přístroj na měření hmotnosti	39
3.6 Nastavení technologických parametrů vstřikování	39

3.6.1 Nastavení technologických parametrů při sériové výrobě	39
3.6.2 Změna technologických parametrů vstřikování	40
3.6.3 Způsob odebírání vzorků	41
3.7 Zpracování výsledků experimentálního měření	42
3.7.1 Měření lesku	42
3.7.2 Měření barevného odstínu	47
3.7.3 Měření hmotnosti	53
3.8 Změna teploty formy a její vliv na lesk a barevný odstín výrobku	57
3.8.1 Měření lesku v závislosti na teplotě formy	58
3.8.2 Měření barevného odstínu v závislosti na teplotě formy	61
3.8.3 Měření hmotnosti v závislosti na teplotě formy	65
4 Shrnutí výsledků měření	67
5 Závěr	69
6 Seznam použité literatury	71

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a^*	[-]	koeficient na vodorovné ose kolorimetrického prostoru
b^*	[-]	koeficient na svislé ose kolorimetrického prostoru
D	[mm]	průměr šneku
F_p	[N]	přisouvací síla
F_u	[N]	uzavírací síla
L	[mm]	délka šneku
L^*	[-]	koeficient na ose světlosti kolorimetrického prostoru
m_K	[g/kg]	celková hmotnost materiálu v tavící komoře
m_v	[kg/g]	hmotnost plastu spotřebovaného při jednom pracovním

N.B.		Nepřeraženo při vrubové zkoušce
p_i	[MPa]	vnitřní tlak v dutině formy
$p_{vstř}$	[MPa]	vstřikovací tlak
p	[MPa]	vnější vstřikovací tlak
p_z	[MPa]	zbytkový tlak
Q_p	[kg.h ⁻¹]	plastikační kapacita stroje
Q_v	[cm ³]	vstřikovací kapacita stroje
s_N	[mm]	pohyb formy
s_K	[mm]	pohyb šneku
t_C	[s]	doba vstřikovacího cyklu
t_d	[s]	doba dotlaku
t_{ch}	[s]	doba chlazení
t_K	[s]	doba pobytu taveniny plastu v tavící komoře
t_m	[s]	manipulační čas
t_{pl}	[s]	doba plastikace
t_{s1}	[s]	doba přisunutí, uzavření, uzamčení formy
t_{s2}	[s]	doba přisunutí tavící komory k formě
t_{s3}	[s]	doba otevření formy
t_v	[s]	doba plnění
T_F	[°C]	teplota formy
v_s	[mm . s ⁻¹]	vstřikovací rychlost

1 Úvod

Plasty patří v dnešní době k jednomu z nejvýznamnějších materiálů v automobilovém průmyslu. Jsou používány hlavně pro své konstrukční a vzhledové vlastnosti, tvarovou rozmanitost vyráběných dílů a nízkou měrnou hmotnost. Najdeme je převážně v interiérech automobilů, jsou používány také na nárazníky, kryty motorů a další součásti.

Nejrozšířenějším způsobem zpracování plastů je technologie vstřikování. Při výrobě plastových výrobků touto technologií se tavenina plastu vstřikuje do vstřikovací formy. Ta svou velikostí a počtem tvarových dutin odpovídá požadavkům na budoucí výrobek a na požadovanou kapacitu výroby. Zvyšování počtu tvarových dutin formy vede ke zvýšení kapacity výroby a tím klesá cena výrobku. Výroba takovéto formy je však velmi složitá a velice nákladná. Právě díky tomu tato technologie vyžaduje velké série výrobků (řádově desítky tisíc), protože jen při takových sériích je možné vysoké náklady na výrobu formy rozpočítat do jednotlivých výrobků.

Tato diplomová práce vznikla ve spolupráci katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci s firmou Grupo Antolin Turnov.

Cílem této diplomové práce je zjistit, jak změna technologických parametrů vstřikování dokáže ovlivnit lesk a barvu dezénovaných dílů z polypropylenu a zároveň nastavit optimální technologické parametry tak, aby dosažené výsledky odpovídaly nastaveným normám pro tento výrobek.

Tedy zjistit, jak vybraný technologický parametr ovlivní výsledné hodnoty při experimentálním měření a do jaké míry je dokážeme ovlivňovat pouze změnou vybraného parametru.

Výsledky této práce mohou být využity při zavádění nového výrobku srovnatelných parametrů ze stejného materiálu nebo při opětovném nastavení stroje.

Společnost Grupo Antolin je významným celosvětovým výrobcem různých komponentů pro automobilový průmysl, který v současnosti patří mezi dynamicky se rozvíjející průmyslové odvětví. Jedná se o španělskou nadnárodní společnost, která

zaujímá přední postavení ve výrobě interiérových dílů automobilového průmyslu po celém světě.

2 Teoretická část

2.1 Technologie vstřikování

2.1.1 Princip vstřikování termoplastů /1/, /2/

Vstřikováním se vyrábějí takové výrobky, které mají buď charakter konečného výrobku a nebo jsou výrobkem polotovary nebo díly pro další zkompletování samostatného celku (viz obr. 2.1). Výrobky zhotovené vstřikováním se vyznačují velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Technologie vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, je to proces diskontinuální, cyklický. Vstřikováním lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. V omezené míře se vstřikují i některé reaktoplasty a kaučuky.

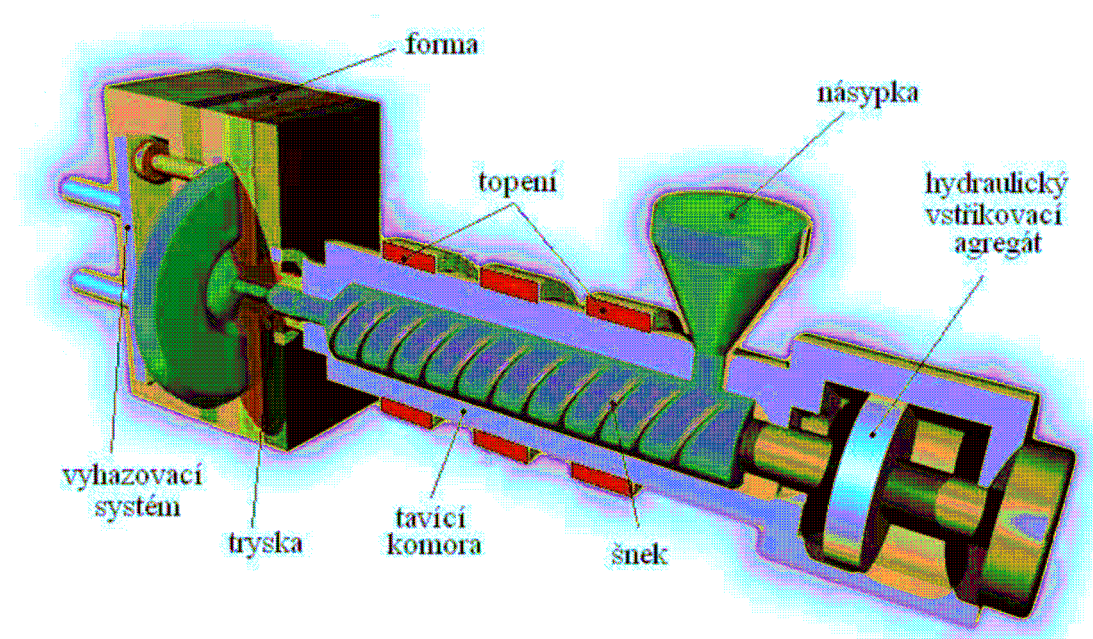


Obr. 2.1 Příklady výrobků vyráběné technologií vstřikování plastů /1/

Vstřikování je způsob tváření plastů, při kterém je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek. Tlaková komora je součástí vstřikovacího stroje a zásoba vstřikovaného materiálu se v ní stále doplňuje během cyklu. Výhody vstřikování jsou krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s dobrými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou povrchovou úpravou, ale i konstrukční flexibilita, která umožňuje odstranění konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou v porovnání s ostatními metodami zpracování plastů jsou

vysoké investiční náklady, dlouhé doby nutné pro výrobu forem a potřeba používat strojní zařízení, které je neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.

Na obr. 2.2 je znázorněn postup vstřikování: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina.



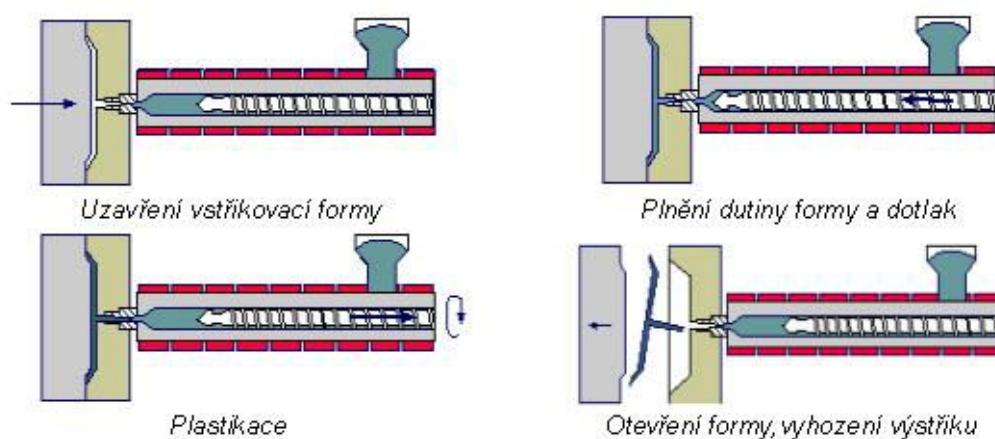
Obr. 2.2 Vstřikovací jednotka /3/

Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává formě teplo a ochlazením ztuhne ve finální výrobek. Potom se forma otevře a výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje. (viz. obr. 2.3)

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně specifikovaných úkonů. Jedná se o proces neizotermický, během něhož plast prochází teplotním cyklem. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno jednoznačně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu lze považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy.

2.1.2 Vstřikovací cyklus /1/, /2/

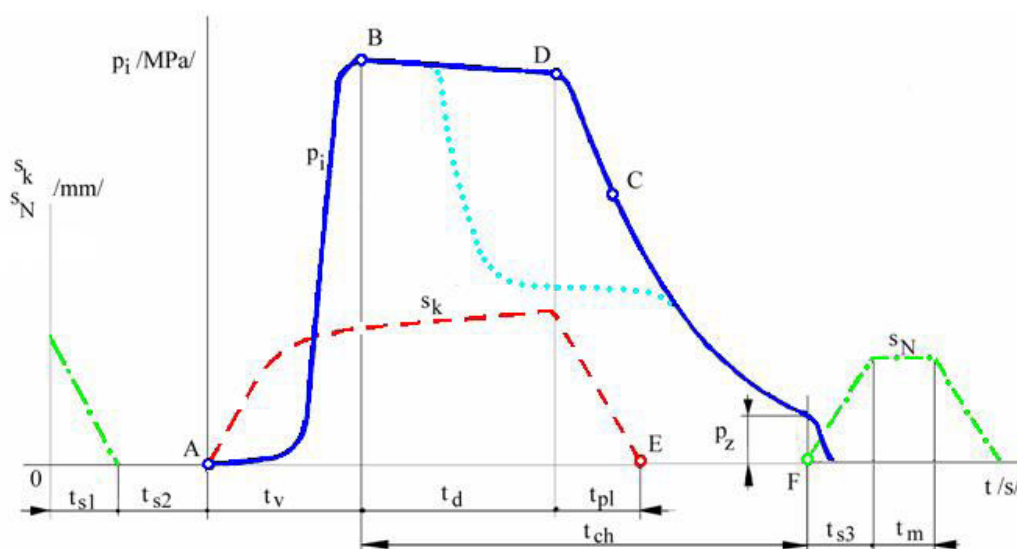
Vstřikovací cyklus (viz. obr. 2.3) lze vyjádřit jako závislost tlaku v dutině formy na čase (viz obr 2.4). Tlak v dutině formy bývá označován jako *vnitřní vstřikovací tlak* p_i , zatímco pojmem *vnější tlak* p bývá označován tlak vyvozený strojem vztažený na jednotku plochy průřezu šneku. Na počátku vstřikovacího cyklu, znázorněném na obr. 2.4, je dutina formy prázdná a forma je otevřená. V nulovém čase dostane stroj impuls k zahájení vstřikovacího cyklu. V časovém úseku t_{s1} se forma přisune, uzavře a uzamkne. Na přisouvání formy se vynakládá poměrně malá *přisouvací síla* F_p , zatímco na uzamknutí formy je nutno vynaložit až třikrát vyšší *uzavírací sílu* F_u , neboť musí být zaručeno, že se forma vlivem tlaku taveniny při vstřikování neotevře. V časovém úseku t_{s2} se tavící komora přisune k formě. V okamžiku A začíná axiálním pohybem šneku v tavící komoře vlastní vstřikování roztavené hmoty do dutiny formy.



Obr. 2.3 Vstřikovací cyklus //

Doba, během níž dochází k plnění dutiny formy, se nezávázá *doba plnění* a značí se t_v . Plnění je ukončeno v bodě B. Jakmile hmota vstoupí do dutiny formy, ihned začne předávat teplo vstřikovací formě a chladne. Tato doba se nazývá *doba chlazení*, značí se t_{ch} a trvá až do otevření formy a vyjmutí výstřiku. Doba chlazení představuje nejdelší část cyklu a závisí na tloušťce stěn výstřiku, teplotě taveniny, teplotě formy, druhu plastu a na teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání z formy. Chlazení lze zintenzívnit účinnou temperací formy. Fáze chladnutí ovlivňuje nejenom orientaci makromolekul, ale i krystalizaci, vnitřní pnutí a kvalitu povrchu. V praxi se dělí na dobu chlazení při plném vstřikovacím tlaku a při klesajícím tlaku. První část představuje *dobu dotlaku* t_d . Dotlak je dodatečné dotlačení taveniny do dutiny formy

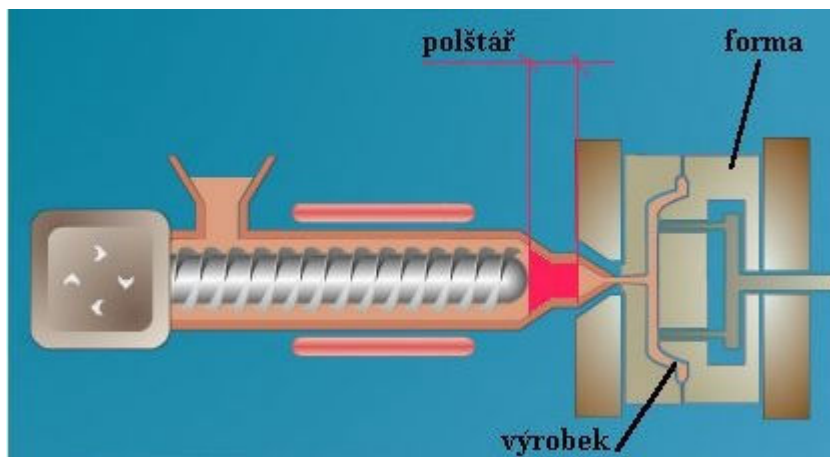
a jeho účelem je kompenzovat zmenšování objemu hmoty v dutině formy během chladnutí, a zabránit tak vzniku propadlin a staženin. Doba dotlaku končí v bodě D, kdy začíná *doba plastikace* nové dávky plastu, značená t_{pl} . Šnek se začne otáčet, pod násypkou nabírá granulovanou hmotu, plastikuje ji a vtlačuje do prostoru před čelem šneku. Zplastikovaná dávka musí být dostatečně homogenní a její velikost musí zajistit dostatek taveniny pro naplnění tvarové dutiny formy i vtokového systému a v tavící komoře musí ještě zůstat tavenina pro fázi dotlaku – tzv. polštář (viz. obr. 2.5).



Obr. 2.4: Průběh tlaku uvnitř vstřikovací formy :
 s_N - pohyb formy, s_k - pohyb šneku, p_i - tlak v dutině formy, p_z - zbytkový tlak. //

Současně s rotací ustupuje šnek dozadu, přičemž musí překonávat **zpětný tlak**, vyvolaný odporem hmoty. Velikost zpětného tlaku ovlivňuje dobu plastikace a tím i kvalitu prohnětení zpracovaného plastu. Příliš vysoký zpětný tlak by však mohl způsobit degradaci plastu. Ohřev plastu během plastikace se děje jednak převodem tepla ze stěn válce, jednak frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Bod C označuje zatuhnutí hmoty ve vtokovém kanálu, čímž se přeruší spojení mezi dutinou formy a dutinou tavící komory a další prodlužování dotlaku je již bezúčelné. Plastikace je skončena v bodě E, kdy se otáčivý pohyb šneku zastaví a následuje odsunutí tavící komory od formy, aby bylo zabráněno přenosu tepla z trysky do formy. Během pokračujícího chlazení tlak ve formě dále klesá až na hodnotu

Manipulační čas t_m je určen pro obsluhu formy.

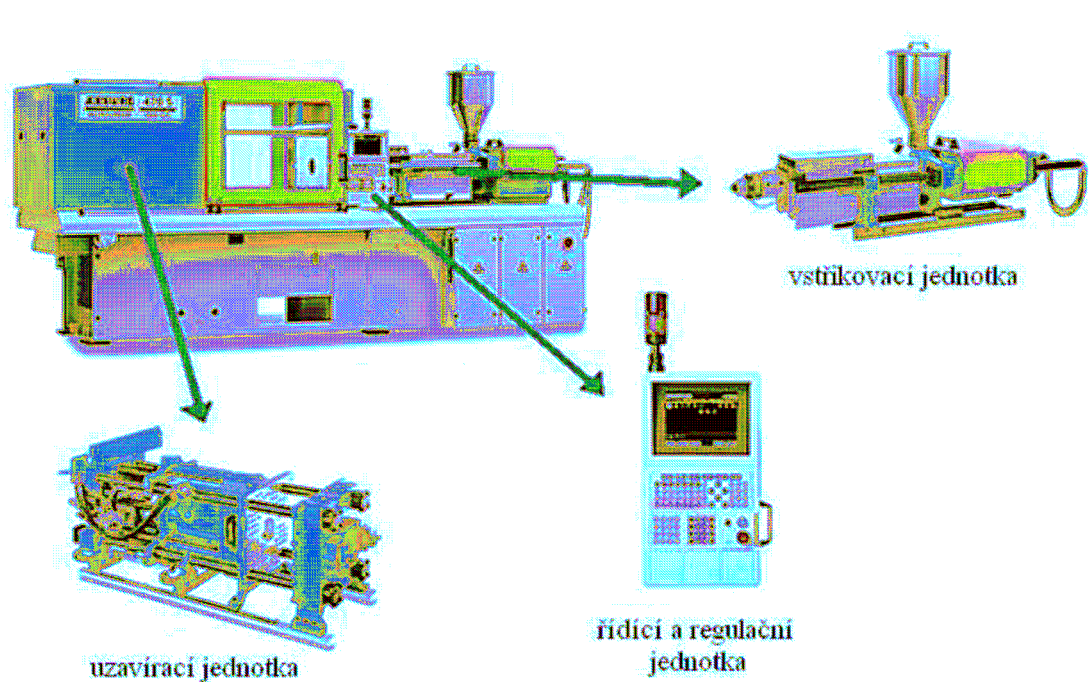


Obr. 2.5 Schéma vstřikovacího stroje – polštář /1/

2.1.3 Vstřikovací stroj /1/, /2/, /3/, /6/, /7/

Vstřikovací stroje mohou být děleny podle pohonu vstřikovací jednotky na elektrické, hydraulické a kombinované nebo podle způsobu plastikace na šnekové a pístové. Hydraulické stroje pracují na principu servoregulace celého procesu vstřikování a umožňují regulaci tlaku oleje v hydraulickém systému. Stroje s elektrickým pohonem se vyznačují přesnějším polohováním, vyšší účinností a energetickou úsporností. Elektrické pohony jsou ale mnohem náročnější na údržbu a servis a hůře se uzpůsobují pro využití komplikovanějších nástrojů, např. u vícekomponentního vstřikování. Hydraulické pohony vykazují lepší výsledky v aplikacích, kde je nutná přesná kontrola dotlaku, především u tlustostěnných výrobků. Kombinované stroje mají elektrický pohon pro pohyb v hlavní ose stroje, což jsou pohyby formy, vstřikování a plastikace. Zatímco pohyby ve vedlejších

osách stroje, jako jsou pohyby vyhazovače, tahače forem a přísun trysky, jsou zprostředkovány hydraulickým nebo elektrickým pohonem. U strojů s pístovou vstřikovací jednotkou je plastikace a pohyb hmoty zajištěn teplem přivedeným topnými pásy a tlakem, kterým na hmotu uvnitř tavící komory působí čelo pístu. Torpédo v tavící komoře slouží k dokonalejší homogenizaci taveniny.



Obr. 2.6 Vstřikovací stroj /6/

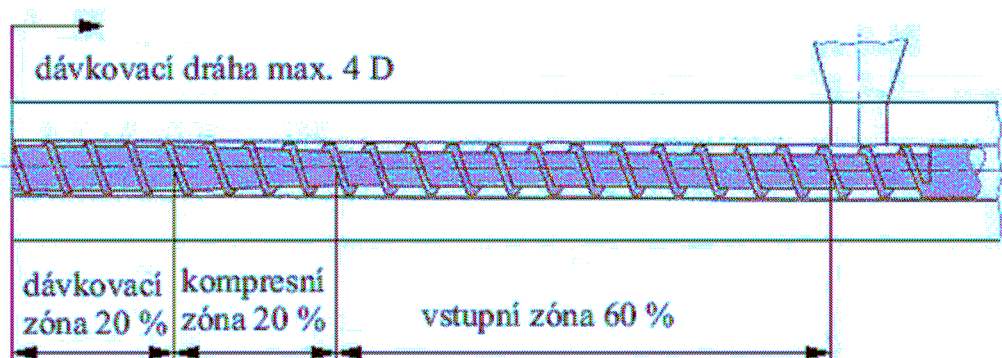
V současné době se pro technologii vstřikování používají již výhradně stroje se šnekovou vstřikovací jednotkou a s hydraulickým nebo elektrickým pohonem.

Vstřikovací stroj se skládá ze *vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky a prvků řízení a regulace*, viz obr. 2.6.

Vstřikovací jednotka, zobrazená na obr. 2.2, zajišťuje dávkování granulátu, jeho plastikaci, vstříknutí roztavené hmoty do formy, provedení dotlaku a zajištění dalších pohybů tavící komory, tj. její odsunutí a přisunutí k formě. Charakteristické parametry vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací jsou průměr D , délka L a typ šneku, vstřikovací kapacita Q_v , plastikační kapacita Q_p , maximální vstřikovací tlak $p_{vstř}$ a objemová vstřikovací rychlost v_s . Vstřikovací kapacita Q_v představuje maximální objem taveniny, kterou lze na daném stroji vstříknout z tavící komory do volného prostoru při jednom pracovním zdvihu šneku. Plastikační kapacita stroje Q_p udává maximální množství taveniny v kilogramech, které je stroj schopen za jednu

hodinu vyprodukovat. Konstrukce šneku je přizpůsobena činnosti, které musí šnek vykonávat, což je dávkování, doprava, plastikace a vstříknutí materiálu do formy. Byly vyvinuty různé typy šneků, jako jsou diferenciální a bariérové.

Na diferenciálním šneku lze rozlišit tři funkční pásma (viz obr. 2.7). Pásmo pod násypkou se nazývá dopravní. Zpracovávaný materiál je v něm hlavně stlačován, čímž se vytěsňuje vzduch z prostoru mezi granulemi.



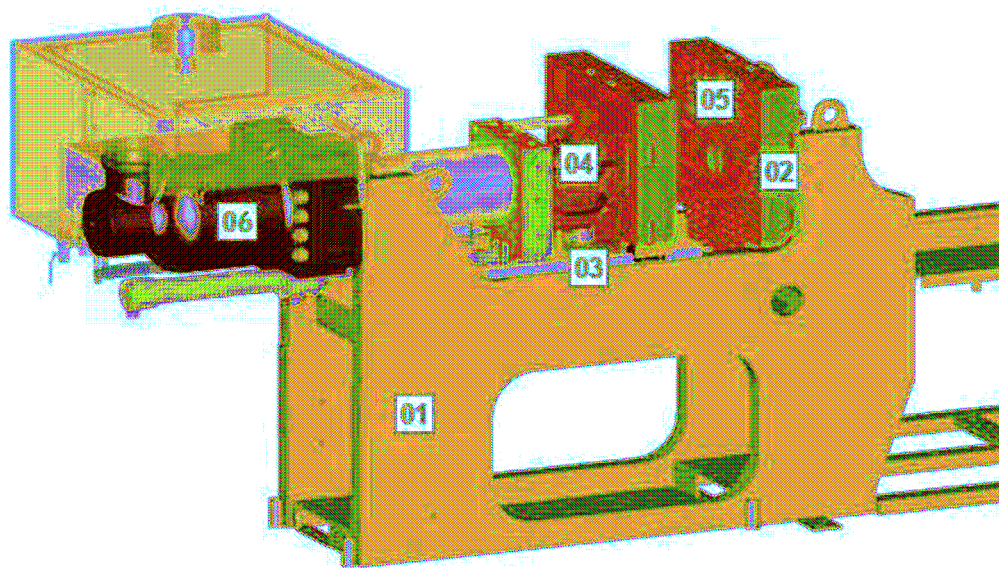
Obr. 2.7 Zóny diferenciálního šneku [1/]

K zahřívání granulátu a tání dochází až na konci této části. V druhém, prostředním pásmu, se průměr jádra šneku směrem k trysce zvětšuje a hloubka šnekového kanálu se zmenšuje. V tomto pásmu se materiál stlačuje, proto se nazývá kompresní. Zde dochází k nejintenzivnějšímu tání granulí. Homogenizaci taveniny zajišťuje poslední pásmo, nazývané homogenizační. Aby nedocházelo k tečení materiálu zpět směrem k násypce během vstřikování, je zakončení šneku zpětný uzávěr. Délka šneku u vstřikovacích strojů na termoplasty bývá 15-ti až 20-ti násobek jeho průměru D . Vstřikovací jednotka vstřikovacího stroje, který byl použit při experimentu, byla vybavena bariérovým šnekem. Výhodou tohoto šneku je především lepší plastikace granulátu a vyšší homogenizace taveniny. Bariérový šnek se může rychleji otáčet a jeho použitím se sníží doba plastikace. Na šneku je více třecích ploch než na šneku diferenciálním, které zvyšují teplotu taveniny, což umožňuje snížit pracovní teplotu tavící komory.

Tavící komora je pro účely vytápění obvykle rozdělena do tří topných pásem se samostatnou regulací teploty. Pokud je uvnitř tavící komory diferenciální šnek, tak se nejnižší teplota nastavuje v pásmu u násypky a nejvyšší u trysky. Teplota pásma u násypky nesmí být příliš vysoká, aby nedošlo k předčasnému natavení a následnému spečení granulí. Proto se část tavící komory, která přiléhá k násypce chladí. Tavící

komora je zakončena tryskou, která zajišťuje spojení mezi komorou a formou. Trysky se konstruují buď jako uzavíratelné nebo jako otevřené, které se otevřou pouze při dosedu vstřikovací jednotky na formu.

Uzavírací jednotka stroje (viz obr. 2.8) zajišťuje pevné uzavření formy během jejího plnění a všechny pohyby formy nutné k vyhození hotového výrobku z formy. Pro vyšší bezpečnost uzavření formy jsou dnes součástí formy mechanické zámky. Vstřikovací stroje používají různé uzavírací systémy, např. hydraulické, mechanické, kombinované nebo elektrické. Vstřikovací a uzavírací jednotky mají vůči sobě určité umístění. Nejčastější uspořádání u vstřikovacích strojů je horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, typické pro vstřikování na dělicí rovinu vstřikovací formy. Ovládání obou jednotek zajišťuje **řídící a regulační systém**, který zabezpečuje poloautomatický, případně plně automatický provoz stroje. Systém také samočinně dodržuje nastavené technologické parametry, k nimž patří teplota vstřikované hmoty, vstřikovací tlak, rychlost vstřikování, teplotu formy a časové rozčlenění celého vstřikovacího cyklu.

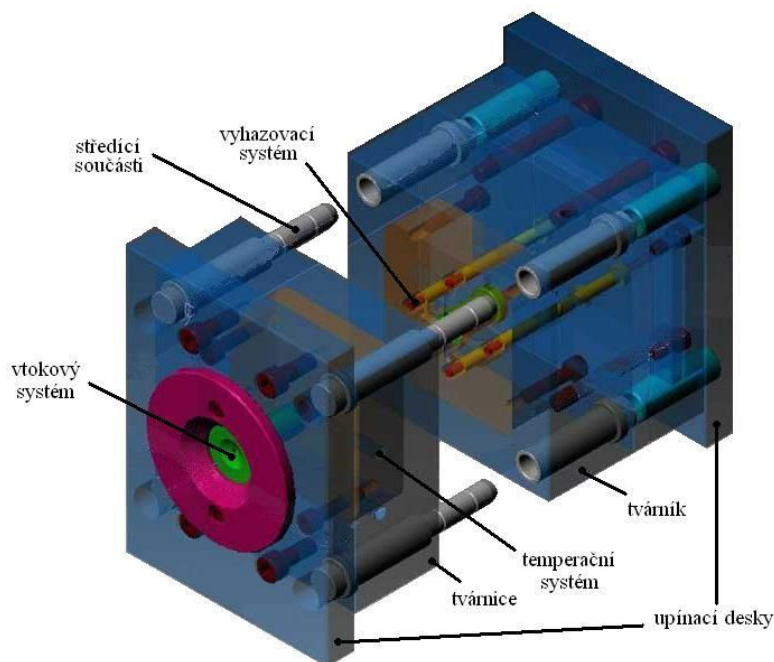


*Obr 2.8: Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje:
01-rám stroje, 02-pevná upínací deska, 03-vedení
upínacích desek, 04-„Flex-link“, 05-mechanický nebo
magnetický systém upínání forem, 06-pohon /7/*

2.1.4 Nástroj pro vstřikování termoplastů /1/, /8/, /9/, /10/, /11/, /12/

Vstřikovací forma (viz obr. 2.9), jinak nazývaná nástroj pro vstřikování termoplastů, musí odolávat vysokým tlakům, musí poskytovat výrobek o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výrobku a musí pracovat automaticky po celou dobu své životnosti. Vstřikovací formy je možno rozdělit podle násobnosti na jednonásobné a vícenásobné, podle konstrukčního řešení na dvoudeskové, třideskové, vytáčecí, čelistové, apod. a podle konstrukce vstřikovacího stroje na formy se vstřikem kolmo na dělicí rovinu a na formy se vstřikem do dělicí roviny. Každá vstřikovací forma se skládá z dílů vymezujících *tvarovou dutinu*, z *vtokového*, *temperačního* a *vyhazovacího systému*, z *upínacích* a *vodících elementů*. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit na části konstrukční a části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar.

Vtokový systém je systém kanálů a ústí vtoku, které musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné oddělení a vyhození vtokového zbytku. Konstrukční řešení vtokového systému závisí na konkrétním tvaru výstřiku, na násobnosti formy a zda je vtoková soustava konstruována jako *studený* nebo *horký rozvod*.

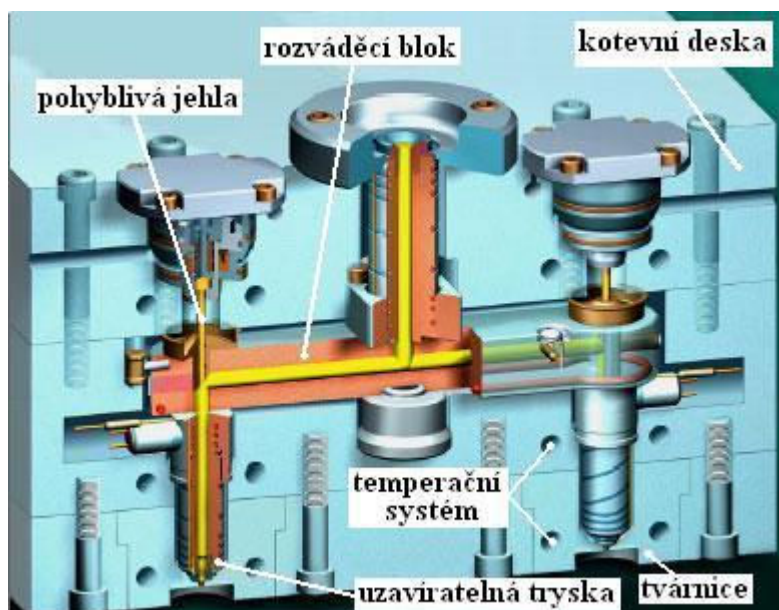


Obr. 2.9 Schéma vstřikovací formy /11/

Studený vtokový systém je využíván především u jednonásobných forem a patří sem

např. tunelový vtok, kuželový vtok nebo bodový vtok, který umožňuje odtrhávání vtokového zbytku přímo ve formě. Z hlediska vyplňování dutiny formy je třeba, aby ústí vtoku zatuhlo až po dokonalém zaplnění dutiny, jinak bude výrobek nedostříknutý nebo s propadlinami.

Na rozdíl od studeného vtokového systému je **horký vtokový systém** bezodpadový a zajišťuje stálou teplotu rozváděné taveniny plastu. Je využíván především u vícenásobných forem. Vyústění horkého vtokového systému může být uzavíráno např. jehlou, viz obr. 2.10.



Obr. 2.10 Schéma formy s horkým vtokovým systémem a trysky s uzavíratelnou jehlou. /12/

Horký vtokový systém tvoří rozváděcí blok, který zajišťuje rozvod taveniny od trysky až k dutině formy a udržuje taveninu v tekutém stavu. U systémů s ohřívaným ústím vtoku je teplo do ústí vtoku přiváděno buďto torpédem, ve kterém je uloženo topné těleso, nebo odporovým topením umístěným kolem trysky. Použití horkého vtokového systému umožňuje prodloužení doby vstřikovacího cyklu, aniž by došlo ke ztuhnutí taveniny v ústí vtoku. V případě předkomůrkového vstřikování se využívá rozváděcích kanálů s větším průřezem. Vytvoří se ztuhlá vrstva v místě kontaktu plastu se vstřikovací formou a ta izoluje a udržuje jádro v tekutém stavu.

Temperační systém je systém kanálů a dutin, umožňujících přestup a prostup

tepla z taveniny do formy a temperovací kapaliny, čímž je umožněno chlazení výstřiku ve formě. Temperační médium protéká soustavou kanálů. Ideálního stavu by bylo dosaženo, pokud by hmota ve formě chladla ve všech místech stejnou rychlostí. Temperační systém bývá rozdělen do dílčích okruhů, které jsou konstruovány tak, aby rozdíl teplot temperační kapaliny na vstupu a na výstupu byl maximálně 3 až 5 °C. Při ochlazování se výrobky smršťují a zůstávají na tvarových součástech formy, a proto vstřikovací forma obsahuje i různé **mechanismy pro vyhazování** výstřiků. Nejčastější je mechanický způsob vyhazování výstřiků, dále se používají systémy pneumatické, hydraulické a jejich vzájemná kombinace. Výpočet vyhazovacích sil vychází z měrných tlaků mezi formou a výstřikem, z teplotní závislosti koeficientu tření mezi plochami a z rozměrů výstřiku. Vyhazovací mechanismus tvoří válcové, trubkové a ploché vyhazovače, vyhazovací desky s vodíci sloupky, tyčemi a pouzdry, omezovače zdvihu a vzduchové ventily. Součástí vyhazovacího mechanismu mohou být i speciální vyhazovací systémy, jako je vytáčení. Odvzdušnění tvarové dutiny vstřikovací formy zabraňuje nedokonalému vyplnění tvarové dutiny taveninou plastu a nebezpečnému zvýšení tlaku, poklesu pevnosti v místech studených spojů nebo uzavírání vzduchu, které může vést až ke spálení materiálu, tzv. diesel efektu. Intenzivní odvod vzduchu z tvarové dutiny formy zajišťují netěsnosti v dělicí rovině a systém odvzdušňovacích kanálků. Odvzdušnění má být provedeno v dělicí rovině na protilehlém místě vtoku.

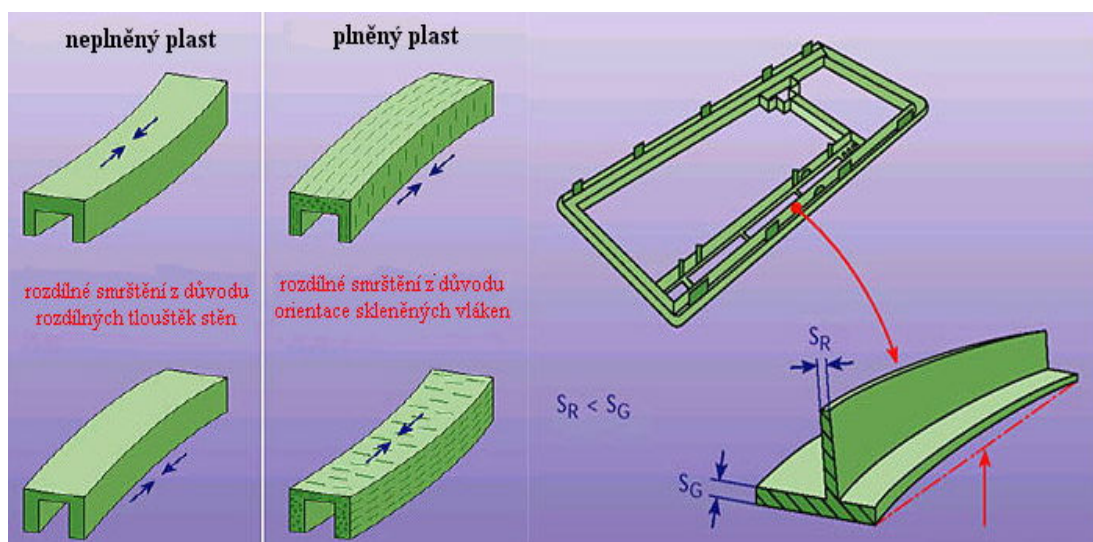
Funkční části formy jsou vyráběny především z nástrojové oceli a patří mezi ně tvárník, tvárnice, různé tvarové vložky a stírací pouzdra. Funkci nosné konstrukce a ovládacích mechanismů formy plní **konstrukční části** formy. Jsou to hlavně deskovité součásti a vodící a spojovací prvky z nelegovaných, případně nízkolegovaných ocelí. Dále sem patří ovládací mechanismy užívané pro řízení mechanických pohybů částí formy. Ovládání je zajištěno řetězovými, hydraulickými nebo pneumatickými tahači a různými mechanickými pohony.

2.2 Průvodní a následné jevy při technologii vstřikování /1/

Smrštění materiálu:

Jedním z následných jevů vstřikování je smrštění materiálu (viz.obr. 2.11). Je to změna rozměrů výrobku oproti rozměrům tvarové dutiny formy, která se při vstřikování kompenzuje fází dotlaku. Účelem je dodávání materiálu do formy a tím tedy kompenzování smrštění během chladnutí, aby nevznikly propadliny a staženiny.

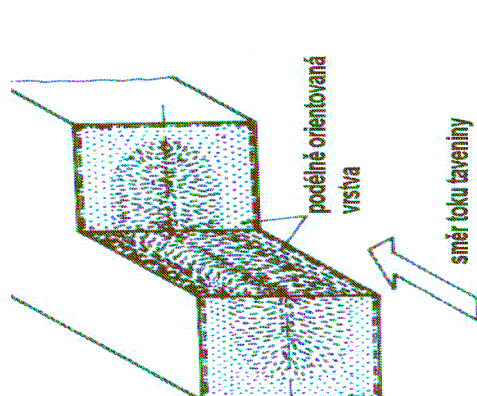
U strojů s optimalizací procesu lze průběh dotlaku optimalizovat. V první fázi je dotlak vyšší, aby se využilo vysoké tekutosti taveniny a ke konci se dotlak sníží, aby se omezila orientace v okolí vtoku. Smrštění je důležitým faktorem při konstrukci formy. Hodnota smrštění u polypropylenu je přibližně 1,5 – 3,0 %.



Obr. 2.11 Smrštění při chladnutí plastového výrobku

Orientace makromolekul a vláknitého plniva

Orientace nastává při zpracování termoplastu, u reaktoplastu se vlivem zesíťování neobjeví. Princip této vady spočívá v tom, že rychle chladnoucí tavenina plastu se protlačuje vysokým tlakem vtokovým systémem a průřezy ve formě a normálně zkroucené makromolekuly se narovnávají ve směru toku a v této nerovnovážné poloze ztuhnou. Čím více jsou makromolekuly vedle sebe, tím větší je stupeň orientace. Směr srovnání makromolekul určuje směr orientace. Výsledkem orientace je anizotropie vlastností, která má za následek vzrůst pevnosti a modulu pružnosti ve směru orientace na úkor tažnosti a opačně pro směr kolmý na směr orientace, na změnu hodnot výrobního smrštění, kdy smrštění ve směru toku se zvětší a je jiné než ve směru kolmém. Dále dochází k poklesu odolnosti proti korozi za napětí, k poklesu součinitele tepelné roztažnosti ve směru orientace a vzrůst ve směru kolmém a ke



vzrůstu součinitele tepelné vodivosti ve směru orientace proti kolmému směru.

Obr. 2.12 Orientace makromolekul

Možnosti ovlivnění orientace makromolekul jsou buď pomocí teploty taveniny a teploty formy nebo pomocí tlaku a rychlosti. Jednoduše se dá říci, že vyšší teplota taveniny a formy snižuje orientaci, kdežto použitý vyšší tlak zvyšuje orientaci a anizotropii. S vyšší rychlostí vstřiku orientace v průměru klesá. Stupeň orientace závisí na gradientu rychlosti a viskozitě taveniny, ale také na vtokovém systému nástroje, na jeho rozměrech. S klesající smykovou rychlostí klesá i orientace. Pokud smykové napětí, vyvolávající orientaci, přestane působit dříve, než tavenina ztuhne, snaží se narovnané makromolekuly zaujmout zase svoji rovnovážnou polohu a orientace se neobjeví nebo pouze zčásti. Nastává dezorientace, nebo také snížení stupně orientace, která může nastat i dodatečně vlivem působení vyšších teplot. Podmínky pro vznik orientované struktury nejsou ve všech místech výstřiku stejné, takže stupeň orientace se ve výstřiku mění jednak ve směru tloušťky stěny, jednak se vzdáleností od vtoku. Tenká vrstvička plastu, která se vytvoří na stěně formy, „zamrzne“ dříve než na ni začnou působit smyková napětí a zůstane neorientovaná. Stupeň orientace v ostatních vrstvách závisí na velikosti smykového napětí v daném místě. Smyková napětí jsou největší ve vrstvě těsně sousedící se ztuhlou povrchovou vrstvou. Nacházejí se tedy v určité vzdálenosti pod povrchem výstřiku. Směrem k ose smyková napětí klesají až k nule. Stejně se mění i orientace makromolekul. Největší je těsně pod povrchem, v ose není žádná nebo malá. Obsahuje-li hmota vláknité plnivo, jsou vlákna vlivem smykových sil rovněž orientována do směru toku taveniny. Výrobek má pak hladší povrch, je lesklejší. Vlákna jsou ukládána ve hmotě velice složitým způsobem, kdy se vytváří vícevrstvá struktura s různou orientací vláken. V optimálním případě lze na průřezu výstřiku nalézt čtyři vrstvy. Na povrchu

je vrstva, v níž jsou vlákna uložena zcela chaoticky a nevykazuje tedy žádnou přednostní orientaci. Ve vrstvě pod ní jsou vlákna orientována ve směru toku, protože zde převládá podélné proudění. Třetí, přechodová vrstva, je opět bez přednostní orientace a uprostřed se nachází vrstva, ve které jsou vlákna orientována kolmo ke směru tečení. To proto, že v této vrstvě je určující příčné proudění. Výsledné vlastnosti výstřiku závisí na poměru tloušťek vrstev s podélnou a příčnou orientací. U tenkostěnných výrobků převládá vliv podélně orientovaných vláken.

Vnitřní pnutí:

Vnitřní pnutí vzniká během procesu zpracování nebo dodatečně a může ve výrobku ovlivnit pevnostní a deformační chování. Podle mechanismu vzniku rozeznáváme různé druhy vnitřních pnutí.

Orientační pnutí vzniká jako následek rozdílné orientace makromolekul ve výstřiku. Jsou dosti velká a mohou vést k dodatečným nepravidelným deformacím a trhlinám. S vyšší teplotou taveniny a teplotou nástroje a nižším použitým tlakem bude orientační pnutí klesat.

Krystalizační pnutí vznikají následkem různého smršťování rozdílných krystalických oblastí a následkem dodatečné krystalizace. Mohou vzniknout pouze u semikrystalických plastů a závisí na rychlosti tuhnutí taveniny. Studená forma má za následek potlačení tvorby krystalizace, kdežto teplá forma naopak povede k vytvoření jemné struktury na povrchu. Procento krystalinity roste od povrchu (většinou amorfni oblasti) směrem k jádru součásti. Obě oblasti mají jiné smrštění a následkem toho vzniká krystalizační pnutí, která jsou však menší, nežli orientační pnutí.

Ochlazovací pnutí vzniká nerovnoměrným ochlazováním různých částí výstřiku. Na povrchu je ochlazení prudké a smrštění malé, kdežto v jádře je tomu naopak. Po ztuhnutí celého průřezu je v povrchové vrstvě tlakové pnutí a v jádru tahové. Ochlazovací pnutí také vzniká kolem zastříknutých kovových zálsků vlivem rozdílné teplotní roztažnosti materiálu a rozdílným smrštěním. Vznik ochlazovacího

pnutí je silně podporován nerovnoměrnou teplotou stěn formy. S použitím vyšší teploty formy se bude ochlazovací pnutí snižovat.

2.3 Vliv technologických parametrů vstřikování na vzhled povrchu výstřiku

/1/, /2/

O mechanických a fyzikálních vlastnostech výstřiku, a o jeho kvalitě rozhoduje druh plastu, technologické parametry, konstrukce formy a volba stroje. Jednotlivé parametry nepůsobí samostatně, ale vždy se ovlivňují navzájem. Z technologických parametrů, které se mezi sebou výrazně ovlivňují, má na vlastnosti výstřiku a jednotlivé fáze vstřikování vliv:

a) Teplota taveniny:

Je jedna z nejdůležitějších veličin, její změnou lze poměrně snadno měnit zabíhavost plastu. Každý plast můžeme vstřikovat v určitém teplotním intervalu. Obecně lze doporučit používání teploty co nejvyšší, neboť tavenina má vysokou tekutost, takže stačí nízký vstřikovací tlak, což zase vede k malému vnitřnímu pnutí ve výrobcích. Na druhé straně však vyšší teplota vyžaduje delší dobu chlazení hmoty ve formě a je příčinou většího smrštění výstřiku.

Pro kvalitu výstřiku je velmi důležitá teplotní homogenita taveniny. Ideální homogenity nelze ovšem dosáhnout ani u nejdokonalejších vstřikovacích strojů. Homogenita závisí na konstrukčních parametrech šneku a dále na době, po kterou je hmota ve styku se stěnou tavící komory. Tu je možno určit ze vztahu:

$$t_K = \frac{m_K}{m_V} \cdot t_C \quad (1)$$

$t_K...$ doba pobytu taveniny plastu v tavící komoře

$t_C...$ doba vstřikovacího cyklu

$m_K...$ celková hmotnost materiálu v tavící komoře

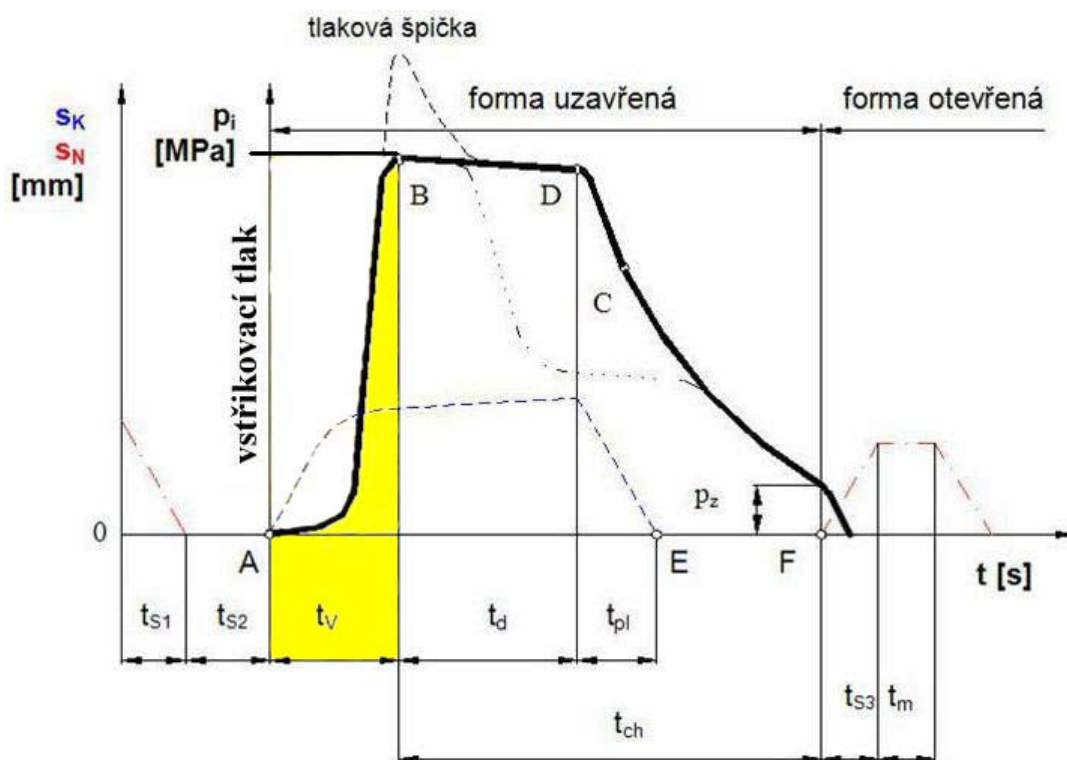
$m_v...$ *hmotnost plastu spotřebovaného při jednom pracovním cyklu*

Prodloužení doby pobytu hmoty v komoře má sice příznivý vliv na zlepšení teplotní homogenizace, ale na druhé straně může být příčinou tepelné degradace polymeru. Nebezpečí degradace se zvyšuje, je-li poměr m_k/m_v příliš velký nebo je doba cyklu dlouhá. Také nesprávná konstrukce tavící komory může způsobovat degradaci hmoty, je-li zadržována po dlouhou dobu v mrtvých prostorách komory.

Zvyšováním teploty se snižuje viskozita taveniny, tím se snižují tlakové ztráty. Zvyšuje se doba plastikace, doba chlazení, roste stupeň krystalinity, tím pádem klesá tažnost, ale roste tuhost. Snižuje se vnitřní pnutí.

b) Vstřikovací tlak

Vstřikovacím tlakem se rozumí tlak, kterým působí jednotková plocha průřezu šneku nebo pístu na taveninu v tavící komoře (obr. 2.6). Označuje se vnější vstřikovací tlak. Z hlediska kvality výstřiku je však rozhodující tlak taveniny v dutině formy, zvaný vnitřní vstřikovací tlak. U většiny termoplastů se pohybuje od 30 do 100 MPa. Funkci vstřikovacího tlaku nelze brát izolovaně, protože jeho změna má za následek i změnu jiných faktorů. Např. zvýšením vstřikovacího tlaku se zvýší i rychlost plnění dutiny formy a je nutno také zvýšit uzavírací sílu působící na formu v uzamknutém stavu.



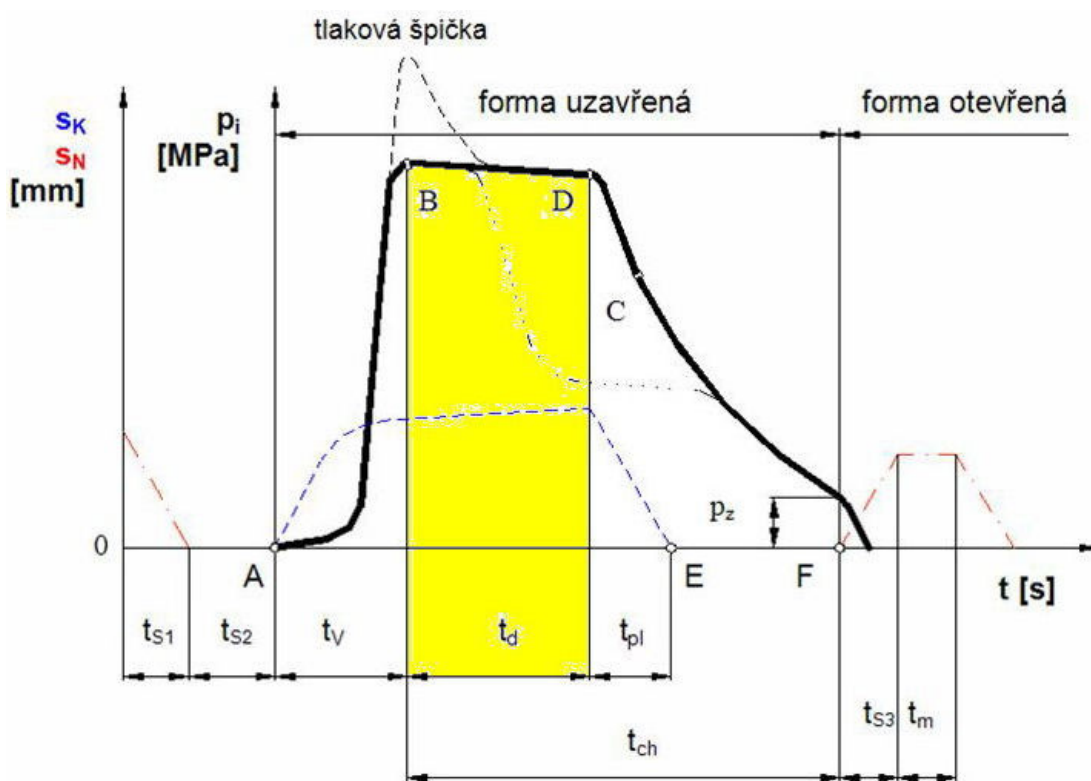
Obr. 2.13 Průběh vnitřního tlaku v dutině formy během procesu vstřikování /1/

c) Vliv dotlaku:

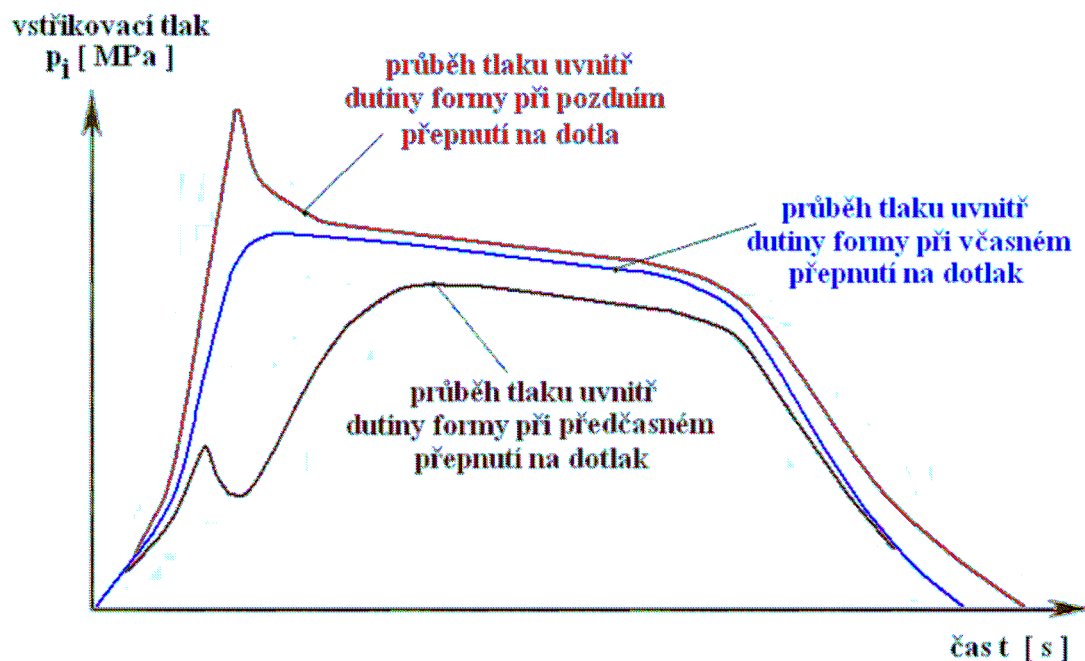
Po naplnění tvarové dutiny formy následuje stlačování hmoty, které se projeví prudkým nárůstem tlaku a náhlým poklesem rychlosti. Aby se zamezilo vzniku tlakové špičky, které by mohlo vést až k pružné deformaci formy, je vstřikovací tlak snížen přepnutím na *dotlak*, (viz obr 2.8). Pozdní přepnutí na dotlak by vedlo k nárůstu hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy.

K přepnutí na dotlak může dojít buď dle dráhy šneku, nebo podle vstřikovacího času nebo podle tlaku ve formě anebo podle tlaku v hydraulice stroje. **Doba dotlaku** t_d (viz obr. 2.7) závisí hlavně na průřezu vtokového kanálu. Dotlak může být po celou dobu stejně vysoký jako maximální vstřikovací tlak, což je však nevýhodné z hlediska pnutí ve výstřiku, nebo se může po několika sekundách snížit, takže další chlazení probíhá při sníženém dotlaku. Z tohoto důvodu se dotlak rozděluje na izobarický (kompenzace tlaku) a izochorický (kompenzace objemu). Při postupném snižování je dotlak nejvyšší v první fázi, aby bylo využito vysoké tekutosti taveniny. Ke konci se dotlak snižuje, aby se omezila orientace makromolekul v okolí vtoku.

Abychom mohli dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem plastu, tzv. polštář. Tento polštář nesmí být příliš velký (10 – 15 %), aby nezůstával příliš dlouho v tavící komoře, kde by mohlo dojít k tepelné degradaci hmoty. Působení dotlaku má význam jen do momentu ztuhnutí vtoku. Fáze dotlaku jsou kompenzovány objemové změny způsobené chladnutím taveniny ve formě. Při nedostatečném dotlaku se na výrobku tvoří staženiny a propadliny. U dezénovaných dílů má velikost dotlaku značný vliv na tvar a hloubku dezénu, a tím i na lesk těchto výstřiků. Čím větší je dotlak, tím je více tavenina plastu natlačena do dezénu, hloubka dezénu je větší a lesk výrobků je menší.



Obr. 2.14 Průběh vnitřního tlaku v dutině formy během procesu vstřikování – doba dotlaku t_d //



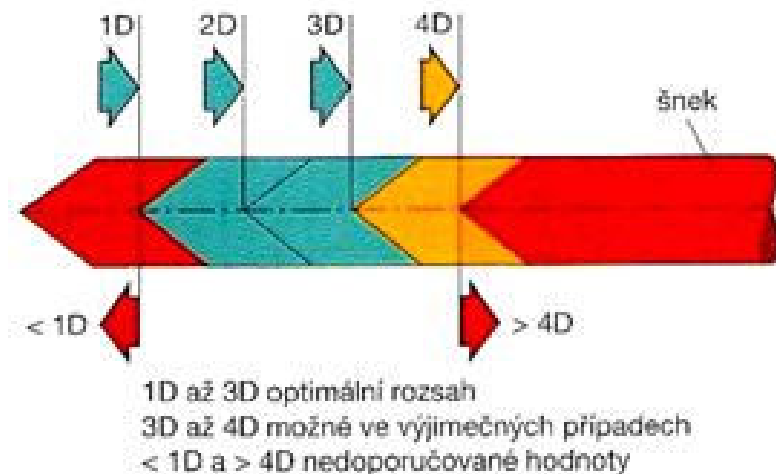
Obr. 2.15 Vliv momentu přepnutí na dotla na průběh tlaku uvnitř dutiny formy /8/

d) Doba plastikace, polštář:

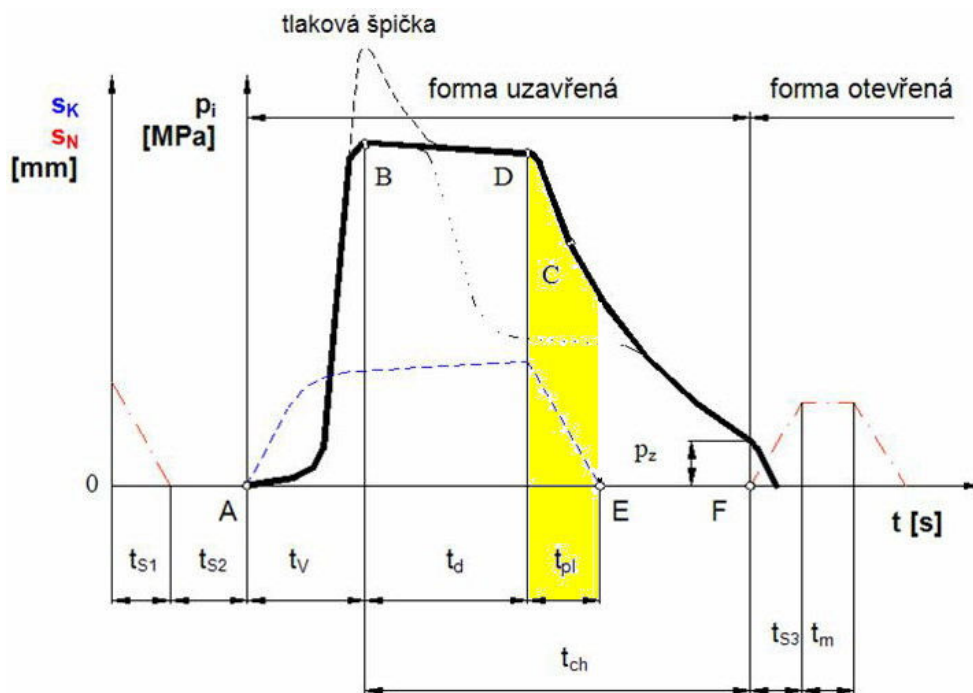
Doba plastikace označována t_{pl} (obr. 2.10) je čas, který je potřebný k tomu, aby došlo k zplastikování dávky plastu a k jejímu rovnoměrnému zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku, tzv. polštáře (viz. obr. 2.5). Velikost zplastikované dávky musí zabezpečit naplnění tvarové dutiny formy a vtokového systému, ale i kompenzovat změnu objemu, vyvolanou smrštěním. Je však nutné si uvědomit, že se posuvem šneku vzad snižuje účinná délka šneku, a proto musí být zpětný tlak zvyšován. Teplo, potřebné k roztavení jedné dávky, je asi z jedné třetiny dodáváno z elektrického odporového topení a asi ze dvou třetin z tření hmoty při hnětení.

Doba plastikace nesmí být příliš dlouhá, aby se plast nevystavoval vysoké teplotě po dlouhou dobu, čímž by mohlo dojít k tepelné degradaci materiálu.

Stejně tak polštář nesmí být příliš velký, (obvykle kolem 10 až 15 %, méně než jedenásobek průměru šneku D , viz obr. 2.9), aby nedocházelo k plastikaci stále stejné části taveniny, tím k tepelné degradaci hmoty a ovlivnění výstřiku.



Obr. 2.16 Možné dávkovací dráhy u vstřikovacích strojů, (D – průměr šneku) /1/

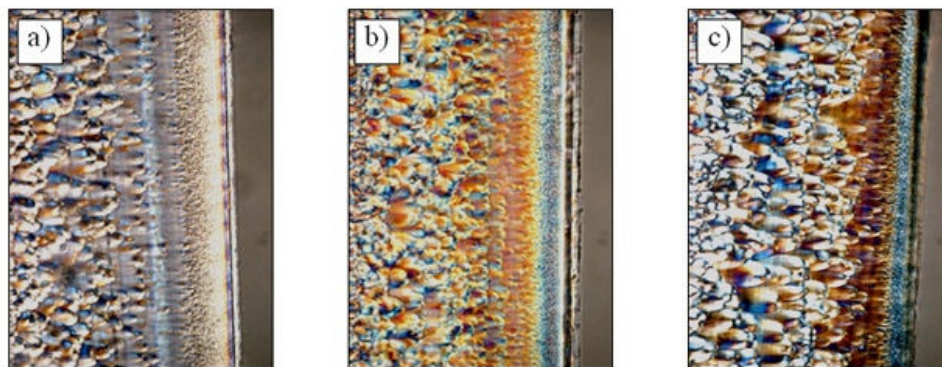


Obr 2.17 Průběh vnitřního tlaku v dutině formy – Doba plastikace t_{pl} /1/

e) Teplota formy:

Ovlivňuje zabíhavost hmoty a má značný vliv na rychlost ochlazování výrobku, tzn. dobu chlazení a tedy na ekonomii výroby, a značně také ovlivňuje kvalitu povrchu výstřiku, zejména lesk. Z ekonomického hlediska by bylo účelné volit teplotu formy

co nejnižší, aby se vstřikovací cyklus zkrátil, avšak z hlediska technologického by měla být co nejvyšší. Při vyšší teplotě formy chladne výrobek rovnoměrněji, takže obsahuje menší vnitřní pnutí a tím se zlepšuje jeho tvarová stabilita. U krystalických polymerů se zvyšuje obsah krystalické fáze a tím se zlepšují jejich mechanické vlastnosti (viz obr. 2.11).



Charakteristické rozdíly ve struktuře semikrystalického výstřiku (PE) na jeho povrchu a v jádře, v závislosti na teplotě temperace (chlazení)

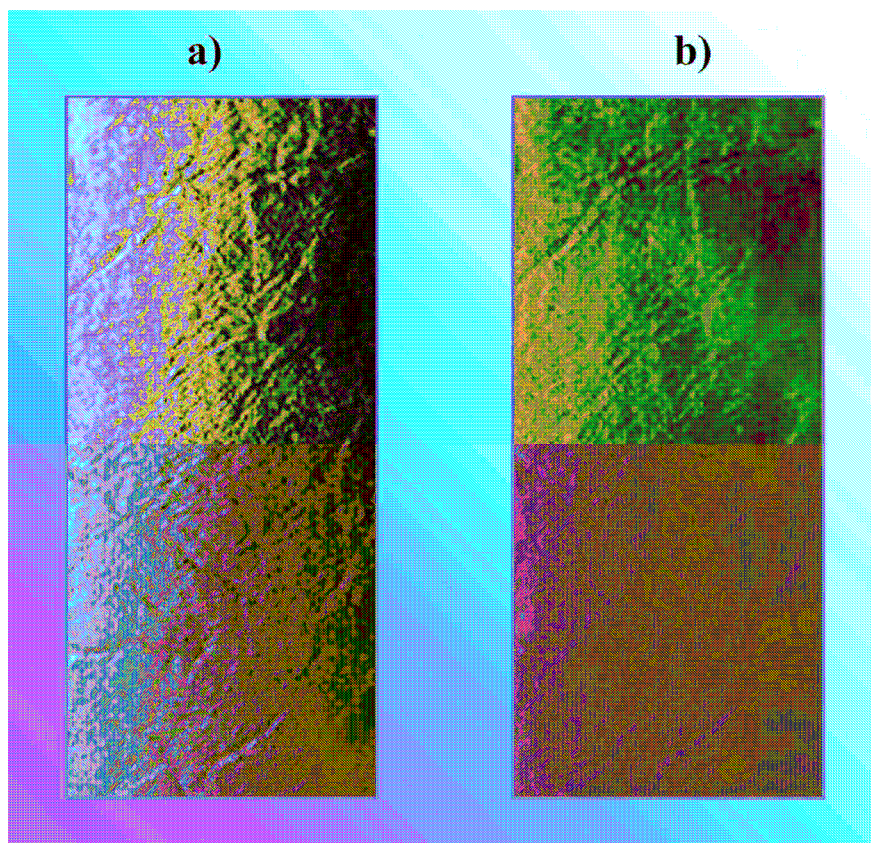
a) $T_m = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, b) $T_m = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, c) $T_m = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Obr. 2.18 Vliv teploty formy na velikost krystalické fáze /1/

Kvalita povrchu se zvyšuje. Při vyšší teplotě formy lze použít nižší teplotu taveniny, čímž se snižuje nebezpečí tepelné degradace polymeru. V praxi se teplota formy volí obvykle mezi 30 až 80 °C. Konkrétní teplota závisí na druhu plastu a na charakteru výroby.

Lesk, respektive matnost povrchu je zejména ovlivněna (ne)schopností povrchu rozptýlit dopadající světelné paprsky rovnoměrně a do různých směrů, tak aby vjem člověka nezachytával tolik do sebe soustředěných odražených paprsků v případě matného povrchu či naopak v případě povrchu lesklého, kdy se do lidského oka odráží větší počet světelných paprsků.

Na obr. 2.12 je znázorněn rozdíl v lesku identických dezénovaných výrobku, ovšem za použití různé teploty povrchu dutiny formy. Vyšší teplota zde umožní vznik povrchu, který je schopen rozložit, resp. propustit dopadající světlo rovnoměrněji, než povrch vzniklý na povrchu dutiny formy o nižší teplotě /13/.



Obr. 2.19 – Rozdíl v lesku povrchu při odlišných teplotách dutiny formy pro materiál NOVODUR® (ABS) a) teplota povrchu dutiny formy 30 °C, b) teplota povrchu dutiny formy 60 °C

2.4 Vliv použitého materiálu na vzhled povrchu /1/, /2/

Z hlediska volby druhu plastu má na vlastnosti výstřiku vliv rychlost plastikace polymeru, která by měla být co nejkratší, aby nedocházelo k tepelné degradaci plastu. Na kvalitu povrchu výrobku mají vliv přísady. V tomto případě je použitý materiál Polypropylen Daplen EE 137 HP obohacen 10 % talku. Talek nemá na vzhled povrchu patrný vliv, používá se pro zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností.

Talek (mastek):

V polypropyleny se talek používá pro zlepšení mechanických vlastností a odolnosti vůči poškrábání. Automobilový průmysl používá talek pro výrobu palubních desek, vnitřního vybavení, nárazníků, atd. Dále se také používá pro těla počítačů, zahradní

nábytek (kde je velmi žádanou vlastností je odolnost vůči UV), jako antiblokační prvek v materiálech jako jsou: tašky, sáčky, atd.

Talek propůjčuje plastům následující vlastnosti:

- zlepšuje chemickou a tepelnou odolnost
- zlepšuje pevnost materiálu
- zlepšuje rozměrovou stabilitu
- zlepšuje tvrdost, tuhost a napětí
- izoluje

Průmysl plastů používá mastek o velikosti částic 20 - 1 μm .

2.5 Vliv stroje a nástroje na vzhled povrchu

Vliv vstřikovacího stroje:

Z hlediska stroje má na vzhled a povrch výrobku vliv:

Spolehlivá plastikace materiálu a dobrá homogenizace taveniny plastu, která ovlivňuje zabíhavost materiálu, rychlost plnění dutiny formy. Materiál nesmí být v tavící komoře přehříván, aby nedocházelo k tepelné degradaci a tím k ovlivnění kvality výstřiku. Vysoký plastikační výkon a velký zdvihový objem zajišťuje možnost použití stroje na různě velké výrobky. Musí být zaručeno přesné dávkování hmoty, aby nedocházelo k výrobě nedostříknutých součástí nebo naopak výrobků s přetoky. Kvalita povrchu lze ovlivnit také možností zásahu do vstřikovacího procesu, např. řízením dotlaku.

Vliv nástroje pro vstřikování:

Faktory ovlivňující kvalitu výstřiku:

Konstrukční řešení vtokové soustavy, temperačního systému a vyhazovacího mechanismu. Vliv dělicí roviny (nepřesnosti – vznikají přetoky), materiál použitý na výrobu formy.

Vliv temperačního systému formy:

Slouží k ovládání teploty formy, k ovlivnění doby chlazení. Teplota formy má značný vliv na povrch výrobku. S měnící se teplotou formy se mění velikost krystalické fáze výrobku, lesk povrchu, ovlivňuje se tekutost plastu, rychlost plnění, zabíhavost materiálu, povrch výrobku, teplota taveniny, vnitřní pnutí, smršťení, fáze dotlaku.

Vliv povrchu dutiny formy:

Na konečnou kvalitu povrchu výrobku má vliv také materiál povrchu dutiny formy a jeho opracování. Pro kvalitní povrchy se používají oceli řady „19“. Kvalita povrchu výrobku závisí na drsnosti povrchu dutiny formy. Požadované drsnosti a jsou na obr. 2.13

Tabulka doporučených drsností povrchu funkčních ploch jednotlivých součástí forem pro plasty*):

Druh součásti [náročnost povrchu]	Druh plastu	Drsnost povrchu [Ra]
Tvářecí součásti (plochy vzhledově náročné; funkční ve směru vyjímání výlisků)	PS	0,025 – 0,05
	PS-HI, CA, PA	0,05 – 0,10 ¹⁾
	PE	0,4 – 0,8
	PP	0,05 – 0,2 ¹⁾
Tvářecí součásti (plochy vzhledově nenáročné)	PS	0,2 – 0,4
	PS-HI, CA, PA	0,4 – 0,8
	PE, PP	1,6
	PE	1,6 – 3,2
Ostatní součásti forem:		
- kanály vtokové soustavy	-	0,1 – 0,2
- kluzné plochy vyhazovačů a ostatní kluzné plochy	-	0,2
- povrch přímých dělicích rovin	-	0,4
- středící kužely, klíny a lícované plochy bez pohybu, dosedy	-	0,8
- uložení H7 pro nepohyblivé spojení	-	1,6
- uložení H7 pro nepohyblivé spojení	-	0,2 – 0,4
- vnější nefunkční plochy	-	12,5 – 25,0

¹⁾ - pro CA a PP plasty povrch chromovat

Obr. 2.20 Drsnost dle druhu součásti //

3 Experimentální část

Záměrem zadavatele této diplomové práce společnosti Grupo Antolin Turnov a zároveň i cílem experimentální části je zhodnotit vliv vybraných technologických parametrů vstřikování na lesk a barevný odstín povrchu vstřikovaných dílů.

Cílem práce je zjistit a nastavit optimální hodnoty vybraných parametrů tak, aby dosažené hodnoty experimentálního měření lesku a barevného odstínu vyhovovaly všeobecně nastaveným standardům. Na základě výsledků této diplomové práce by mohlo dojít k optimálnímu nastavení technologických parametrů. Rozhodnutí však bude z velké části ovlivněno ekonomickým faktorem, neboť změna technologických parametrů může vést např. k prodloužení cyklu, či k nárůstu hmotnosti vstřikovaných dílů a tím ke zvýšení nákladů výroby.

3.1 Vybraný plastový díl

Jedním z největších odběratelů produktů firmy Grupo Antolin Turnov je koncern VW. Měření bylo prováděno na pravých a levých kapsách zadních dveřních výplních automobilu VW Passat (obr. 3.1). Vybrané výrobky jsou zobrazeny na obrázku 3.2.



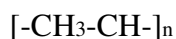
Obr. 3.1 Volkswagen Passat /14/

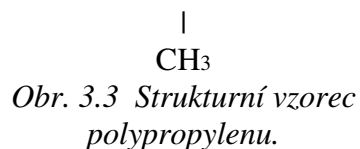


Obr 3.2 Vybraný plastový díl

3.2 Použitý materiál /1/, /2/, /15/

Díly byly vstřikovány z polypropylenu Daplen EE 137 HP dodávaný firmou Borealis, obohacený 10-ti % minerálních plniv, resp. talku. Polypropylen, jehož strukturní vzorec je na obr. 3.3, je semikrystalický termoplast a řadí se spolu s polyetylénem mezi polyolefiny, které se vyznačují velmi nízkou hustotou a navzdory nižší pevnosti a tuhosti i velkou houževnatostí. Snáší teploty až kolem 120 °C a k jeho tání dochází při teplotách 160 až 170 °C. Dobře odolává kyselinám, zásadám a při teplotě 20 °C i organickým rozpouštědlům. Působením povětrnostních účinků křehne. Zlepšení mechanických, chemických i fyzikálních vlastností je možné dosáhnout modifikací čistého polypropylenu různými plnivy. V automobilovém průmyslu jsou z polypropylenu vyráběny především díly tvořící interiér vozů. Z exteriérových dílů automobilů se z polypropylenu vyrábějí např. nárazníky. Materiálová data jsou znázorněny v tab. 3.1.





Tab. 3.1: Materiálová data polypropylenu Daplen EE 137 HP /15/

Vlastnost	Jednotka	Hodnota	Norma
Hustota	kg/m ³	980	ISO 1183
Index toku taveniny při 230 °C zátěži 2,16 kg	g/10min	11,0	ISO 1133
Index toku taveniny při 230 °C zátěži 5,0 kg	g/10min	42,0	ISO 1133
Smrštění	%	0,95	ISO 294-4
Mechanické vlastnosti			
Pevnost v tahu	MPa	21,0	ISO 527-1, -2
Modul pružnosti v tahu při 23 °C	MPa	1600	ISO 527-1, -2
Modul pružnosti v ohybu při 23 °C	MPa	1500	ISO 178
Vrubová houževnatost – metoda Charpy			
Při teplotě – 20 °C	kJ/m ²	3,6	ISO 179
Při teplotě 23 °C	kJ/m ²	22,0	ISO 179
Rázová houževnatost – metoda Charpy			
Při teplotě – 20 °C	kJ/m ²	66,0	ISO 179
Při teplotě 23 °C	kJ/m ²	NB	ISO 179
Teplotní vlastnosti			
Teplotní odolnost dle Vicata A50 (50 °C, h 10N)	°C	132	ISO 75B-1,-2
Teplotní odolnost dle Vicata B50 (50 °C, h 10N)	°C	98,0	ISO 75A-1,-2
Teplota tání	°C	220-260	-
Teplota formy	°C	30,0-50,0	-

3.3 Vstřikovací stroj: /16/

Ke vstřikování vybraných dílů je používán vstřikovací stroj KRAUSS

MAFFEI KM 1000-6100 MC se vstřikovací jednotkou SP 6100 (viz.obr. 3.4). Tento stroj je ve dvoudeskovém provedení s plně-hydraulickým uzavíracím systémem a disponuje uzavírací silou 10000 kN. Technické parametry vstřikovacího stroje jsou uvedeny v tabulce 3.2. Odebírání výrobků z formy zajišťuje manipulátor od firmy SEPRO verze PIP 3050, který výstřiky následně přemísťuje na dopravník.



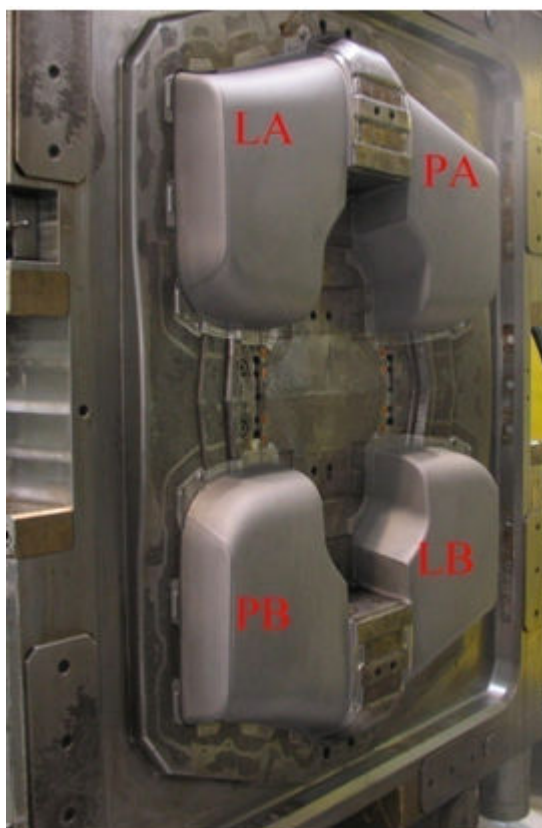
Obr 3.4 Vstřikovací stroj Krauss Maffei řady MC /16/

Tab. 3.2 Základní parametry stroje Krauss Maffei KM 1000-6100 MC

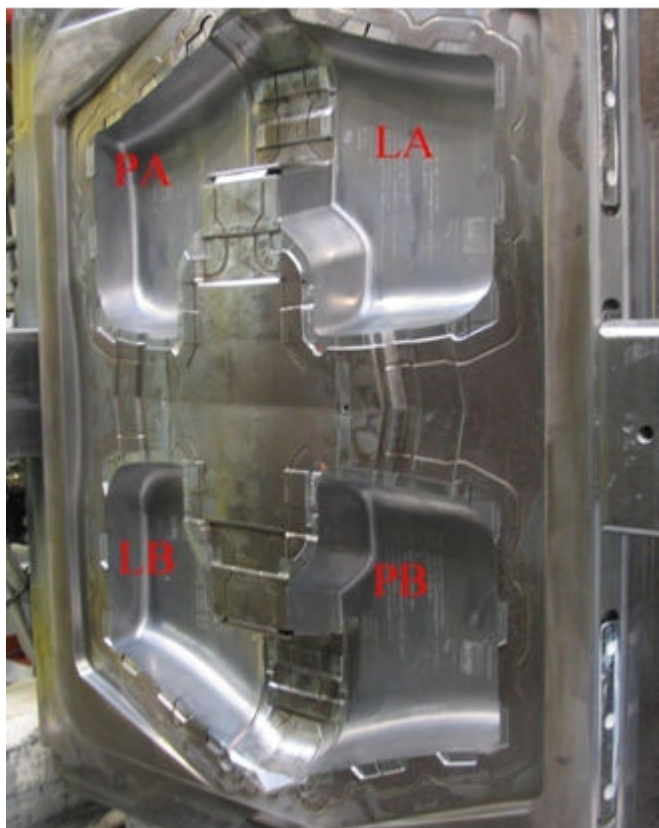
Uzavírací jednotka		
Uzavírací síla	kN	10000
Vzdálenost mezi sloupky	mm	1960 x 1740
Výška nástroje min.-max	mm	1400 x 1120
Maximální rozestup desek	mm	700 – 1200
Zdvih vyhazovače	mm	2400
Plocha upínací desky	mm	250
Vstřikovací jednotka		
Výkon	mm	85 95 105
Vstřikovací tlak	bar	2242 1795 1496
Zdvihový objem	cm ³	2695 3367 4113
Otáčky šneku - nom./max.	min ⁻¹	116/153

3.4 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma použitá pro tento výrobek obsahuje čtyři tvarové dutiny, což umožňuje na jeden zdvih vstřikovacího stroje vyrobit dvě levé zadní kapsy (tvarové dutiny jsou označeny LA a LB) a současně zrcadlově konstruované pravé zadní kapsy (dutiny jsou označeny PA, PB). Tyto výrobky jsou popsány v kapitole 3.1. Vstřikovací forma je zobrazena na obr. 3.5a, 3.5b.



Obr. 3.5a Odjížděcí strana formy



Obr. 3.5b Pevná strana formy

3.5 Přípravky používané pro experimentální měření:

Pro experimentální měření byly použity následující měřicí přípravky, které jsou používány na oddělení kvality ve firmě Grupo Antolin Turnov ke kontrolnímu měření mechanických a fyzikálních vlastností vyráběných dílů.

3.5.1 Přístroj pro měření lesku: /17/

Novo-Gloss Lite 60° Glossmeter.

Tento přístroj na měření lesku zobrazený na obr. 3.6 je navržen tak, aby vyhovoval nejrozmanitějším kritériím a mohl být aplikován i na vysoce lesklé měřicí aplikace. Malá hmotnost a vysoká životnost přístroje vede k použití tohoto přístroje v nejrozšířenějším měřicím prostředí. Vysoké specifikace včetně statistických analýz a výhody propojení přístroje s PC umožňují použití v nejlépe vybavených QA laboratořích. Přesnost přístroje je 0,5 %.

60° rozměrová geometrie je universálním standardním měřícím úhlem pro měření lesku, a proto je Novo -Glossmetr perfektní pro měření jakéhokoliv rovného povrchu od matného po velmi vysoce lesklý povrch.



Obr. 3.6 Novo-Gloss Lite 60° Glossmeter /17/

3.5.2 Přístroj na měření barevného odstínu: /18/

Spektrofotometr ColorEye XTH od výrobce GretagMacbeth

Přístroj ColorEye XTH (viz obr.3.7) je jediný přenosný spektrofotometr, který dokáže přesně a správně měřit barvu předmětů nejrozmanitějších velikostí, tvarů a povrchů - velmi zakřivených i rovných, velkých i malých, lesklých i matných.

ColorEye XTH používá 3D zaměřovací technologie pro přesná měření strukturovaných a zakřivených povrchů. Geometrie d/8 s patentovaným 3D zaměřovacím systémem byla vyvinuta speciálně pro měření zakřivených povrchů. 3D zaměřovací systém = nové možnosti geometrie d/8. Měří současně velkým i malým měřícím otvorem bez nutnosti mechanického přepínání, používání clonek, atd. ColorEye XTH tak eliminuje vlivy, které zhoršují přesnost měření. Nejmenší měřená plocha je kruh o průměru 2mm. Naměřené hodnoty lze ukládat v interní paměti spektrofotometru nebo přenášet přes sériový port do externího počítače.



Obr 3.7 Spektrofotometr ColorEye XTH

3.5.3 Přístroj na měření hmotnosti:

Na hmotnost výrobků má z vybraných parametrů vliv hlavně doba dotlaku. Čím déle dotlak působí na taveninu, tím více materiálu se dostane do dutiny formy a výrobek má vyšší hmotnost. Tento vliv dotlaku se negativně odráží na ekonomii celé výroby, protože roste spotřeba materiálu.

Hmotnost všech vzorků byla postupně měřena na digitální váze SNOWREX, NHV (viz. obr. 3.8).



Obr. 3.8 Digitální váha SNOWREX, série NHV , kapacita 3kg, dílek = 0,1g /19/

3.6 Nastavení technologických parametrů:

3.6.1 Nastavení technologických parametrů při sériové výrobě

Nastavení technologických parametrů vstřikování při běžné sériové výrobě je zobrazeno v tab. 3.3. Změna vybraných technologických parametrů je znázorněna v tab. 3.4.

Tab. 3.3 Nastavení technologických parametrů při sériové výrobě

TEPLOTY			
	Hodnota	Jednotka	Toleranční pole
Pod násypkou	45	[°C]	±10
Válec	195-200-205-210- 215-220-220-220	[°C]	±10
Špička	215	[°C]	±10
TLAKY			
Uzavírací síla	8000	kN	-
Vstřikovací tlak	1400 1300 900	bar	±100
Dotlak	500 550	bar	±100
ČASY			
Vstřikování	5	s	±1
Dotlak	2 / 2.5	s	±0.5
Plastikace	16	s	±2
Chlazení	16	s	±2
Cyklus	42	s	±1
DRÁHY			
Plastikace	255	mm	±2
Polštář	11	mm	±2

3.6.2 Změna technologických parametrů vstřikování

Změny technologických parametrů byly prováděny na řídicím a regulačním zařízení vstřikovacího stroje KM 1000-6100 MC (viz.obr. 3.9). Na základě teoretických znalostí byly pro experiment vybrány a následně změněny technologické parametry vstřikování, jak znázorňuje tab. 3.4.



Obr. 3.9 Řídící a regulační zařízení

Tab. 3.4 Změna vybraných technologických parametrů

Parametr	Původní hodnota	Změna	Výsledná hodnota
T_{tav} [°C]	220	+ 20	240
T_{tav} [°C]	220	- 20	200
T_{F} [°C]	25	+ 10	35
t_{d} [s]	4,5	+ 1,5	6

Tab. 3.5 Změna technologických parametrů, označení měření

Nastavení parametrů	Teplota taveniny T_{tav} [°C]			Teplota formy T_{F} [°C]			Doba dotlaku t_{d} [s]		
	200	220	240	25	35		4,5	6	
„1“		X		X			X		
„2“			X	X			X		
„3“	X			X			X		
„4“		X			X		X		
„5“		X		X				X	

3.6.3 Způsob odebírání a značení vzorků

Při každé změně technologických parametrů vstřikování byly odebrány vzorky ze tří zdvihů vstřikovacího stroje (tři vzorky z každé dutiny formy), tzn. dvanáct vzorků pro jednotlivé nastavení technologických parametrů.

Nejprve byly odebírány vzorky při nastavení technologických parametrů pro běžnou sériovou výrobu. Tyto vzorky byly následně označeny číslem „1“, dále ještě pořadovými čísly 1, 2, 3. Vzorky nesou označení viz. tab. 3.6

Tab 3.6 Označení vzorků

1.1LA	1.1LB	1.1PA	1.1PB	(vzorky odebrané z prvního zdvihu z každé dutiny)
1.2LA	1.2LB	1.2PA	1.2PB	(vzorky odebrané z druhého zdvihu z každé dutiny)
1.3LA	1.3LB	1.3PA	1.3PB	(vzorky odebrané ze třetího zdvihu z každé dutiny)

Dále došlo ke změně technologických parametrů (viz. tab. 3.5), tzn. ke zvýšení teploty taveniny. Po ustálení teploty taveniny na teplotě 240 °C byly odebrány vzorky jako v předešlém případě a označeny číslem „2“.

Další změnou technologických parametrů bylo snížení teploty taveniny na

200 °C. Po ustálení teploty bylo opět odebráno dvanáct vzorků, které byly označeny číslem „3“ a očíslovány obdobně jako v tab. 3.6.

Při další změně technologických parametrů došlo ke zvýšení teploty formy na 35 °C. Vzorky byly odebrány a označeny jako v předešlých případech, pro tento případ číslem „4“.

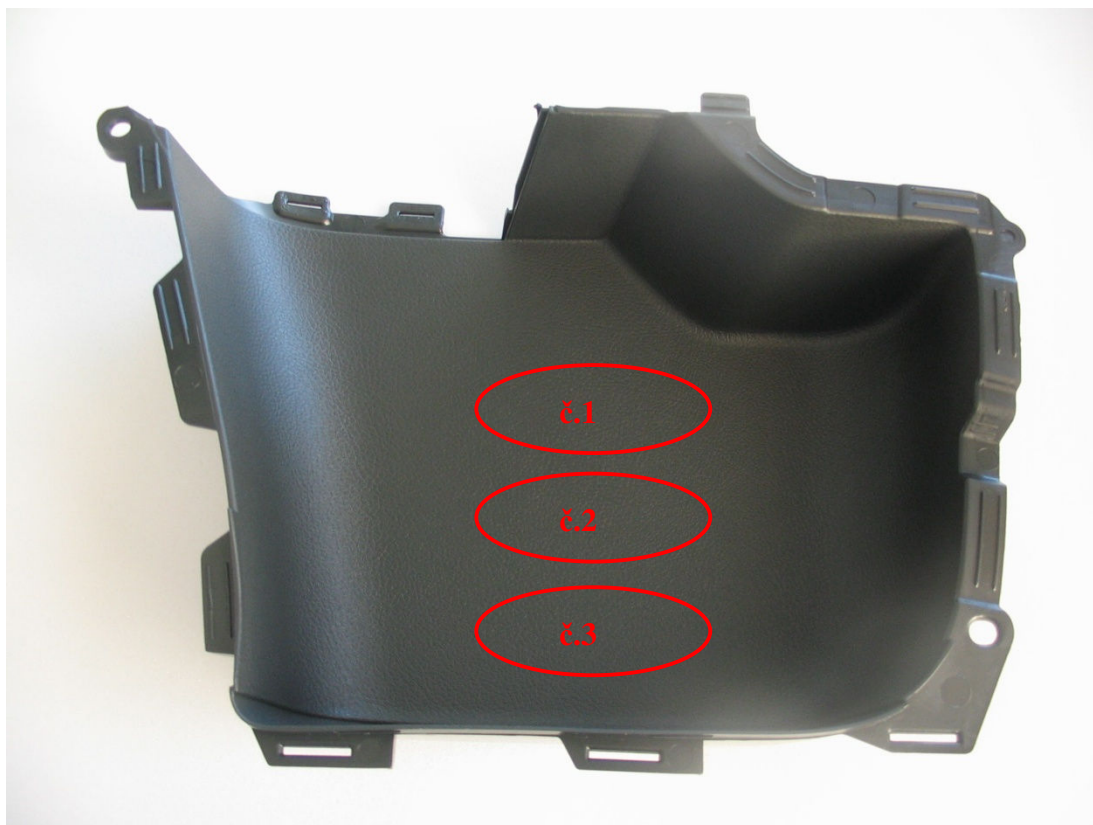
Poslední změnou technologických parametrů byla změna doby dotlaku ze 4,5 s na

6 s. Vzorky byly odebrány stejně jako předchozí a označeny číslem „5“.

3.7 Zpracování výsledků experimentálního měření:

3.7.1 Měření lesku

Měření lesku bylo prováděno přístrojem Novo-Gloss Lite 60° Glossmeter, který je popsán v kapitole 3.5.1. Každý vzorek byl měřen na třech různých místech (viz. obr. 3.10). Vyhodnocení a grafické znázornění výsledků je znázorněno v tab. 3.7 až 3.12 respektive v obr. 3.11, 3.12.



Obr. 3.10 Oblasti měření lesku výrobku

Tab. 3.7 Naměřené hodnoty lesku pro technologické parametry „1“ (viz. tab. 3.5)

Vzorek		Lesk [-]			průměr±směrodatná odchylka
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	
1.1	PA	2,4	2,4	2,5	2,43±0,037
	PB	2,7	2,7	3,0	2,80±0,042
	LA	2,9	3,0	2,5	2,80±0,042
	LB	2,7	2,7	3,0	2,80±0,042
1.2	PA	2,5	2,5	2,7	2,57±0,038
	PB	2,7	2,5	2,8	2,67±0,040
	LA	3,0	2,8	3,0	2,93±0,044
	LB	3,0	2,7	3,2	2,97±0,045
1.3	PA	2,5	2,4	2,6	2,50±0,038
	PB	2,7	2,7	2,8	2,73±0,041
	LA	3,1	2,9	2,8	2,93±0,044
	LB	3,0	2,8	2,8	2,87±0,043
		průměr±směrodatná odchylka			2,75±0,041

Tab. 3.8 Naměřené hodnoty lesku pro technologické parametry „2“ (viz. tab. 3.5)

Vzorek		Lesk [-]			průměr±směrodatná odchylka
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	
2.1	PA	2,6	2,4	2,7	2,57±0,039
	PB	2,7	2,5	2,8	2,67±0,040
	LA	3,1	2,7	2,9	2,90±0,044
	LB	3,0	2,8	2,9	2,90±0,044
2.2	PA	2,4	2,6	2,8	2,60±0,039
	PB	2,6	2,7	2,7	2,67±0,040
	LA	3,0	2,8	2,9	2,90±0,044
	LB	2,9	2,8	3,0	2,90±0,044
2.3	PA	2,6	2,5	2,5	2,53±0,038

	PB	2,7	2,7	2,8	2,73±0,041
	LA	3,0	2,8	2,8	2,87±0,043
	LB	2,9	2,7	2,9	2,83±0,043
		průměr±směrodatná odchylka			2,76±0,041

Tab. 3.9 Naměřené hodnoty lesku pro technologické parametry „3“ (viz. tab. 3.5)

Vzorek		Lesk			
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	<i>průměr±směrodatná odchylka</i>
3.1	PA	2,6	2,6	2,7	2,63±0,040
	PB	2,8	2,7	2,7	2,73±0,041
	LA	3,2	2,9	3,0	3,03±0,046
	LB	3,0	2,8	3,0	2,93±0,044
3.2	PA	2,6	2,6	2,7	2,63±0,040
	PB	2,8	2,7	3,1	2,87±0,043
	LA	3,2	2,9	3,0	3,03±0,046
	LB	3,0	2,7	2,6	2,77±0,042
3.3	PA	2,7	2,6	2,6	2,63±0,040
	PB	2,8	2,7	2,8	2,77±0,042
	LA	3,0	2,7	2,6	2,77±0,042
	LB	3,0	2,7	2,6	2,77±0,042
		průměr±směrodatná odchylka			2,80±0,042

Tab. 3.10 Naměřené hodnoty lesku pro technologické parametry „4“ (viz. tab. 3.5)

Vzorek		Lesk			
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	<i>průměr±směrodatná odchylka</i>
4.1	PA	2,7	2,5	2,6	2,60±0,039
	PB	2,7	2,7	2,9	2,77±0,042

	LA	3,0	2,7	2,9	2,87±0,043
	LB	2,9	2,7	3,0	2,87±0,043
4.2	PA	2,4	2,4	2,5	2,43±0,037
	PB	2,6	2,6	2,7	2,63±0,040
	LA	2,8	2,8	2,9	2,83±0,043
	LB	2,9	2,7	2,8	2,80±0,042
4.3	PA	2,4	2,4	2,5	2,43±0,037
	PB	2,8	2,7	2,6	2,70±0,041
	LA	3,0	2,7	2,9	2,87±0,043
	LB	2,9	2,7	2,8	2,80±0,042
		průměr±směrodatná odchylka			2,72±0,041

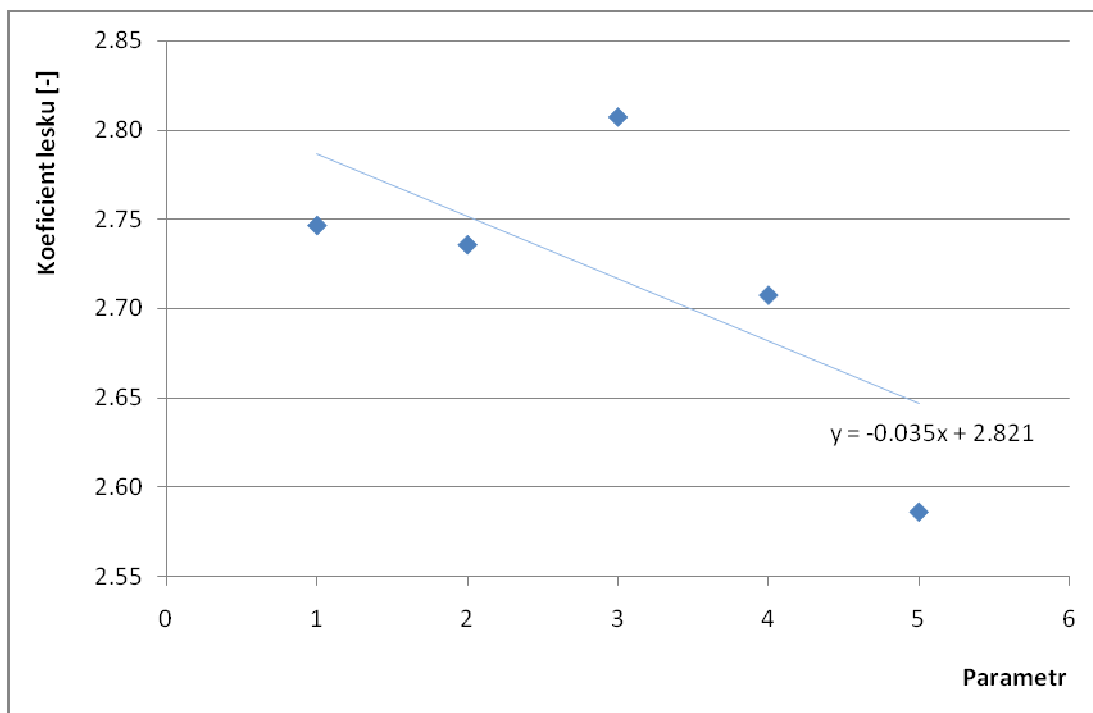
Tab. 3.11 Naměřené hodnoty lesku pro technologické parametry „5“ (viz. tab. 3.5)

Vzorek		Lesk			průměr±směrodatná odchylka
		hodnota1	hodnota2	hodnota3	
5.1	PA	2,4	2,3	2,3	2,33±0,035
	PB	2,5	2,5	2,7	2,57±0,039
	LA	3,0	2,7	2,6	2,77±0,042
	LB	2,7	2,7	2,6	2,67±0,040
5.2	PA	2,3	2,3	2,3	2,30±0,035
	PB	2,5	2,5	2,8	2,60±0,039
	LA	2,9	2,7	2,8	2,80±0,042
	LB	2,8	2,6	2,7	2,70±0,041
5.3	PA	2,3	2,4	2,4	2,37±0,036
	PB	2,6	2,5	2,7	2,60±0,039
	LA	2,8	2,5	2,7	2,67±0,040
	LB	2,8	2,5	2,8	2,70±0,041

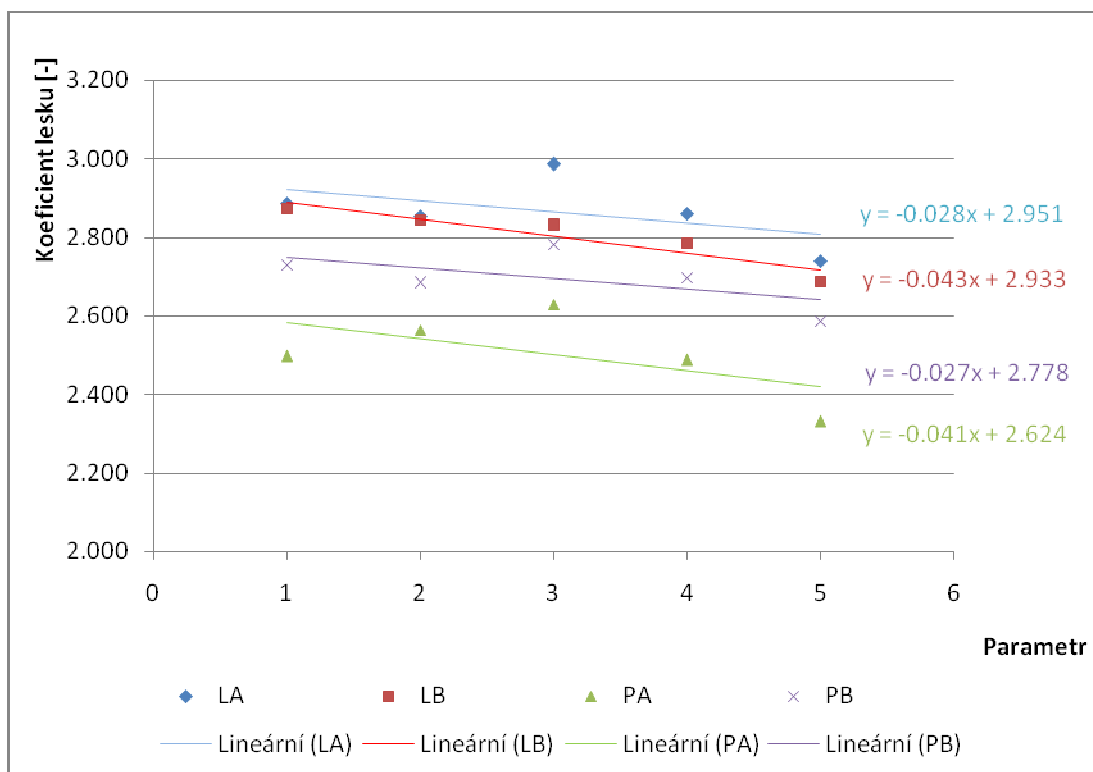
		průměr±směrodatná odchylka	2,59±0,039
--	--	-----------------------------------	-------------------

Tab. 3.12 Vypočtené průměrné hodnoty lesku dle jednotlivých parametrů

Vzorek		Lesk
		<i>průměr±směrodatná odchylka</i>
1	PA	2,50±0,038
	PB	2,73±0,041
	LA	2,89±0,043
	LB	2,87±0,043
2	PA	2,56±0,039
	PB	2,68±0,040
	LA	2,85±0,043
	LB	2,84±0,043
3	PA	2,63±0,040
	PB	2,78±0,042
	LA	2,99±0,044
	LB	2,83±0,042
4	PA	2,49±0,037
	PB	2,68±0,041
	LA	2,86±0,043
	LB	2,79±0,042
5	PA	2,33±0,035
	PB	2,59±0,039
	LA	2,74±0,041
	LB	2,69±0,040



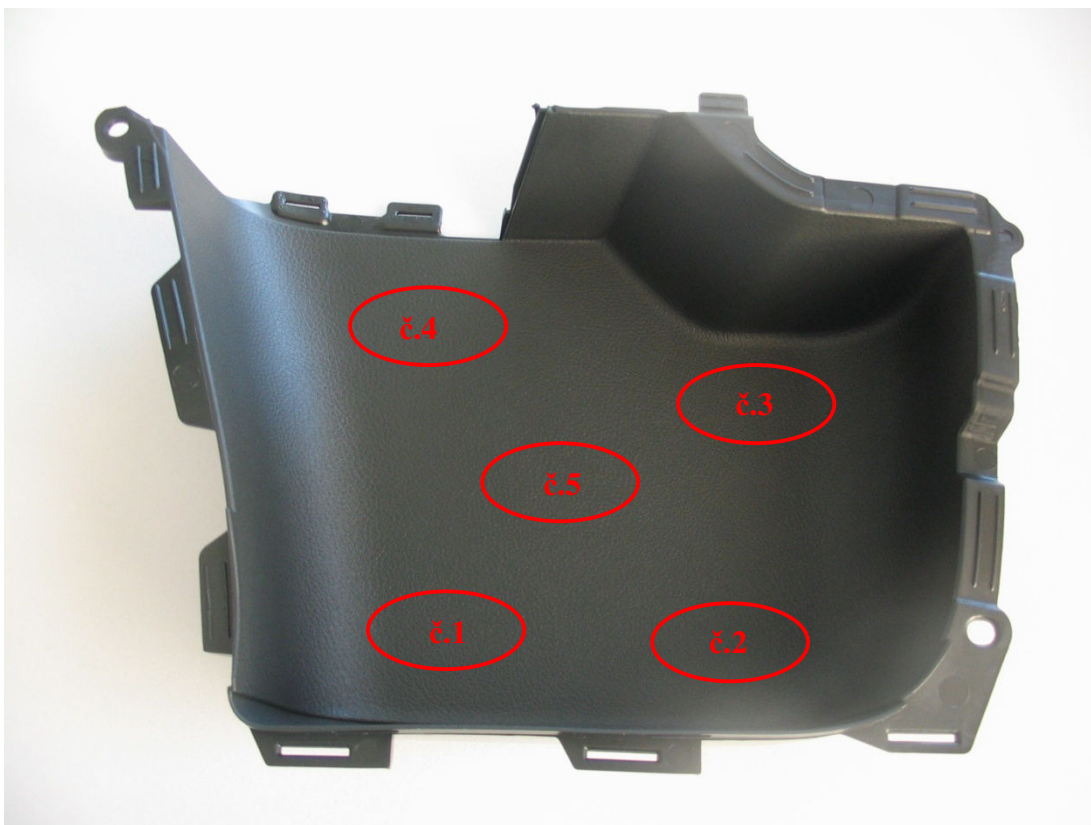
Obr. 3.11 Vliv změny technologických parametrů na lesk výrobku



3.7.2 Měření barevného odstínu

Měření barevného odstínu bylo provedeno v laboratoři oddělení kvality firmy Grupo Antolin Turnov. K měření byl použit měřicí přístroj „Spektrofotometr COLOR EYE XTH“ popsaný v kapitole 3.5.2. Vzorky byly měřeny na pěti různých místech (viz. obr.3.13). Přístroj byl propojen s počítačem a výsledky experimentálního měření byly vyhodnocovány programem Optiview Quality Control. (viz. obr. 3.14).

Naměřené hodnoty byly porovnávány s kolorimetrickým prostorem (viz. obr. 3.15), respektive s jeho částí vymezenou normami pro tento výrobek. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou znázorněny v tab. 3.14 až 3.17. Grafické závislosti parametrů barevného odstínu na změně technologických parametrů jsou vyneseny v obr. 3.16 až 3.19. Jednotlivé body grafu jsou proloženy funkcí lineární regrese. Rovnice funkcí jsou znázorněny v grafech.



Obr. 3.13 Oblasti měření barevného odstínu

Jednotlivé parametry kolorimetrického prostoru:

Koeficient „L*“ - světlost výrobku

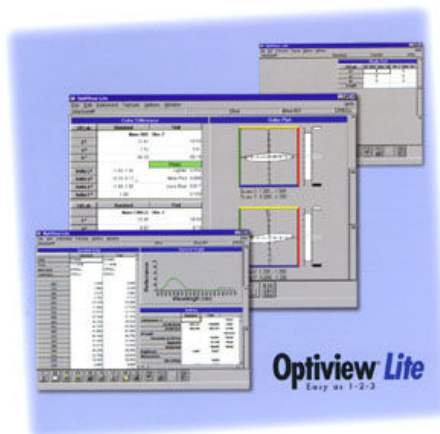
Koeficient „a*“ - vodorovná osa prostoru (zelená - červená)

Koeficient „b*“ - svislá osa prostoru (žlutá - modrá)

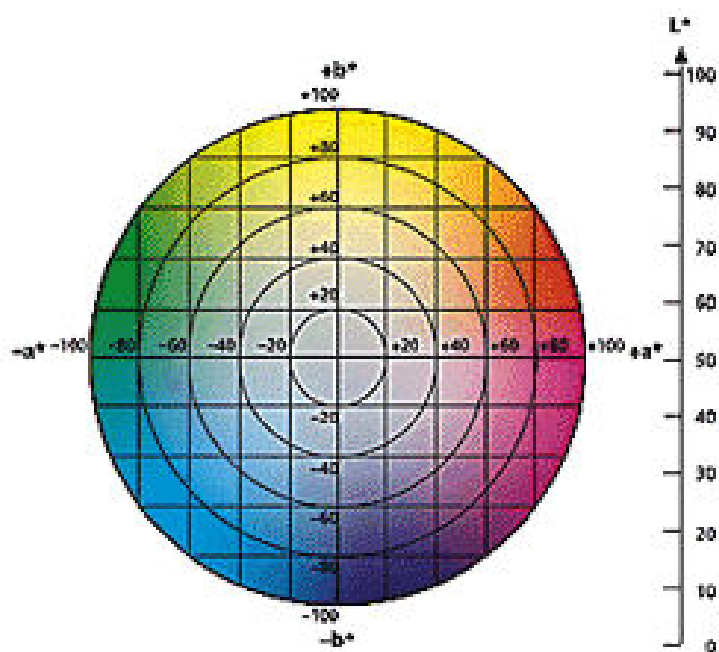
Normy pro tento výrobek jsou v tab. 3.12

Tab. 3.13 Hodnoty norem

Koeficient	Hodnota [-]
L*	26,595 ± 0,500
a*	-0,181 ± 0,500
b*	-0,372 ± 0,500



Obr. 3.14 Program Optiview Quality Control.



Obr. 3.15 Kolorimetrický prostor

Tab 3.14 Naměřené hodnoty koeficientů barevného odstínu pro dutiny PA,PB

PA	L*	a*	b*	PB	L*	a*	b*
1.1	26,290	-0,117	-0,558	1.1	26,350	-0,157	-0,543
1.2	26,320	-0,138	-0,600	1.2	26,412	-0,166	-0,558
1.3	26,323	-0,153	-0,579	1.3	26,329	-0,161	-0,594
2.1	26,285	-0,125	-0,628	2.1	26,327	-0,168	-0,579
2.2	26,271	-0,117	-0,614	2.2	26,311	-0,192	-0,580

2.3	26,280	-0,173	-0,538	2.3	26,351	-0,173	-0,549
3.1	26,216	-0,135	-0,598	3.1	26,280	-0,161	-0,574
3.2	26,271	-0,134	-0,628	3.2	26,353	-0,157	-0,609
3.3	26,299	-0,122	-0,573	3.3	26,374	-0,140	-0,615
4.1	26,320	-0,212	-0,530	4.1	26,328	-0,153	-0,542
4.2	26,611	-0,100	-0,251	4.2	26,551	-0,116	-0,250
4.3	26,771	-0,040	-0,251	4.3	26,789	-0,092	-0,260
5.1	26,608	-0,106	-0,235	5.1	26,822	-0,114	-0,205
5.2	26,706	-0,087	-0,217	5.2	26,741	-0,096	-0,178
5.3	26,742	-0,112	-0,220	5.3	26,740	-0,087	-0,241

Tab 3.15 Naměřené hodnoty koeficientů barevného odstínu pro dutiny LA, LB

LA	L*	a*	b*	LB	L*	a*	b*
1.1	26,422	-0,158	-0,56	1.1	26,471	-0,146	-0,597
1.2	26,407	-0,134	-0,588	1.2	26,42	-0,114	-0,621
1.3	26,28	-0,099	-0,584	1.3	26,463	-0,179	-0,542
2.1	26,254	-0,159	-0,565	2.1	26,312	-0,108	-0,598
2.2	26,273	-0,184	-0,578	2.2	26,129	-0,151	-0,596
2.3	26,306	-0,162	-0,607	2.3	26,379	-0,147	-0,59
3.1	26,269	-0,125	-0,605	3.1	26,407	-0,162	-0,631
3.2	26,357	-0,154	-0,558	3.2	26,049	-0,105	-0,618
3.3	26,227	-0,13	-0,574	3.3	26,203	-0,164	-0,586
4.1	26,305	-0,153	-0,568	4.1	26,418	-0,16	-0,57
4.2	26,425	-0,141	-0,24	4.2	26,802	-0,088	-0,276
4.3	26,425	-0,082	-0,263	4.3	26,604	-0,121	-0,229
5.1	26,594	-0,105	-0,192	5.1	26,76	-0,095	-0,22
5.2	26,656	-0,095	-0,253	5.2	26,705	-0,123	-0,244
5.3	26,699	-0,082	-0,261	5.3	26,808	-0,111	0,253

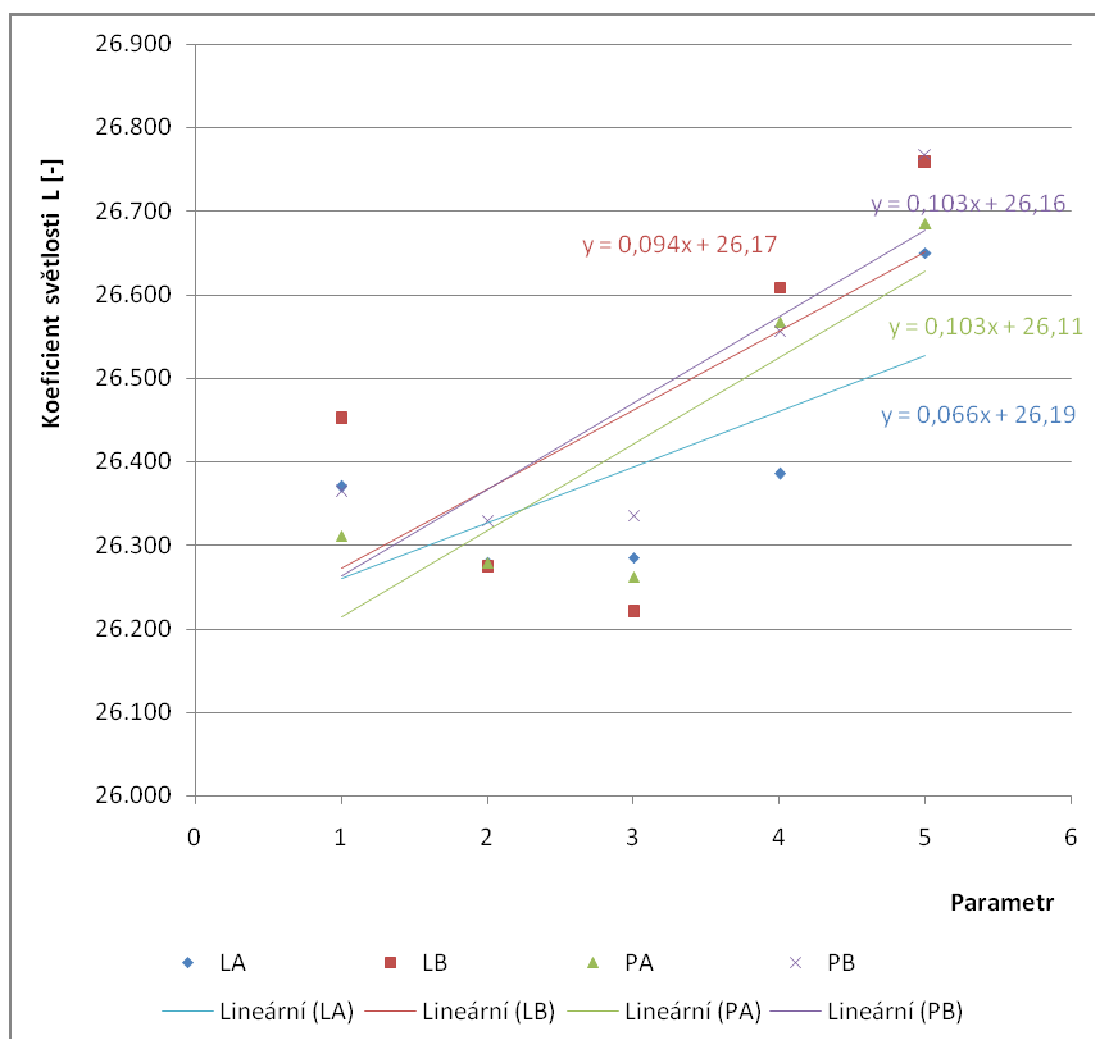
Tab 3.16 Vypočítané průměrné hodnoty koeficientů dle parametrů

parametry	průměr [-] ±0,500
------------------	--------------------------

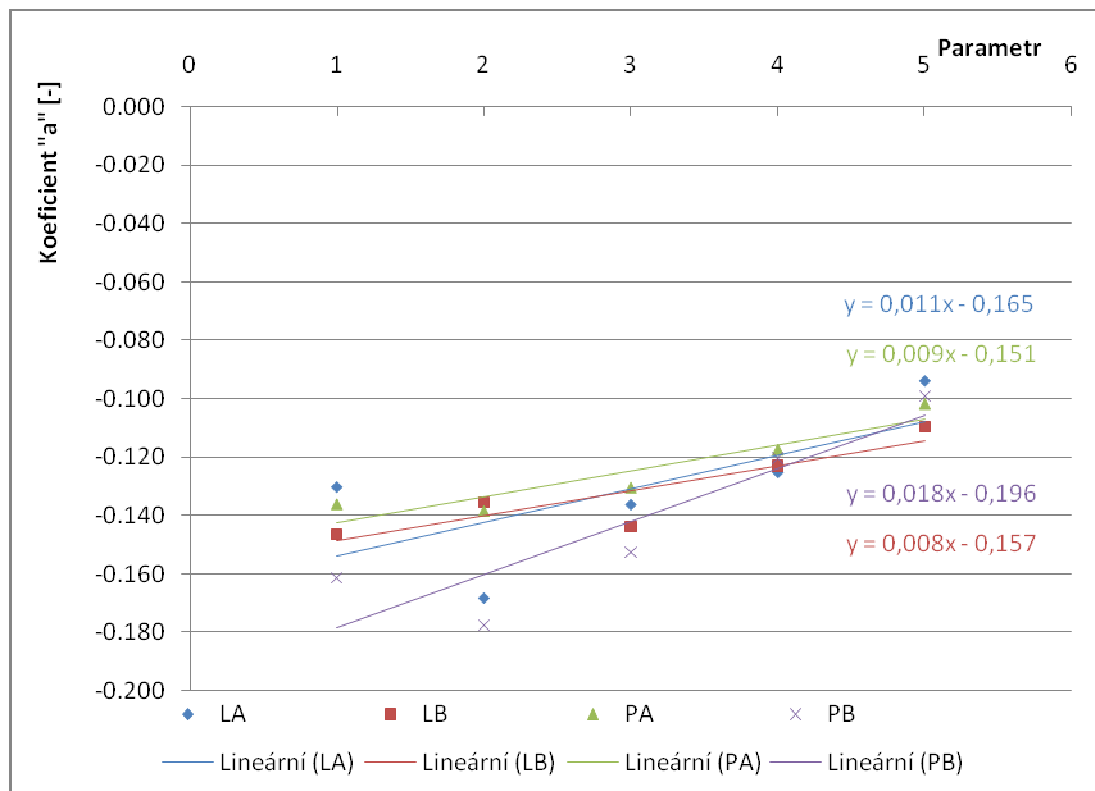
	L*	a*	b*
1	26,374	-0,144	-0,577
2	26,290	-0,155	-0,585
3	26,275	-0,141	-0,597
4	26,529	-0,122	-0,353
5	26,715	-0,101	-0,184

Tab 3.17 Průměrné hodnoty dle parametrů pro každou dutinu

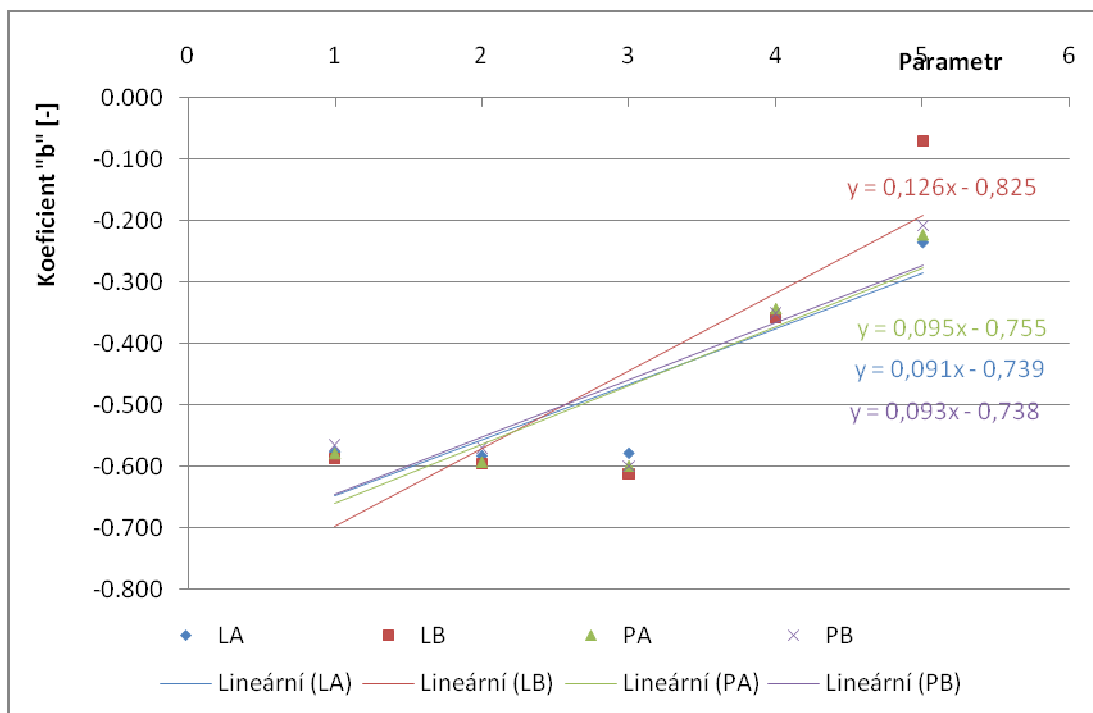
parametr	tvar. dutina	průměr [-] ±0,500		
		L*	a*	b*
1	LA	26,370	-0,130	-0,577
	LB	26,451	-0,146	-0,587
	PA	26,311	-0,136	-0,579
	PB	26,364	-0,161	-0,565
2	LA	26,278	-0,168	-0,583
	LB	26,273	-0,135	-0,595
	PA	26,279	-0,138	-0,593
	PB	26,330	-0,178	-0,569
3	LA	26,284	-0,136	-0,579
	LB	26,220	-0,144	-0,612
	PA	26,262	-0,130	-0,600
	PB	26,336	-0,153	-0,599
4	LA	26,385	-0,125	-0,357
	LB	26,608	-0,123	-0,358
	PA	26,567	-0,117	-0,344
	PB	26,556	-0,120	-0,351
5	LA	26,650	-0,094	-0,235
	LB	26,758	-0,110	-0,070
	PA	26,685	-0,102	-0,224
	PB	26,768	-0,099	-0,208



Obr. 3.16 Vliv změny technologických parametrů na světlost výrobků



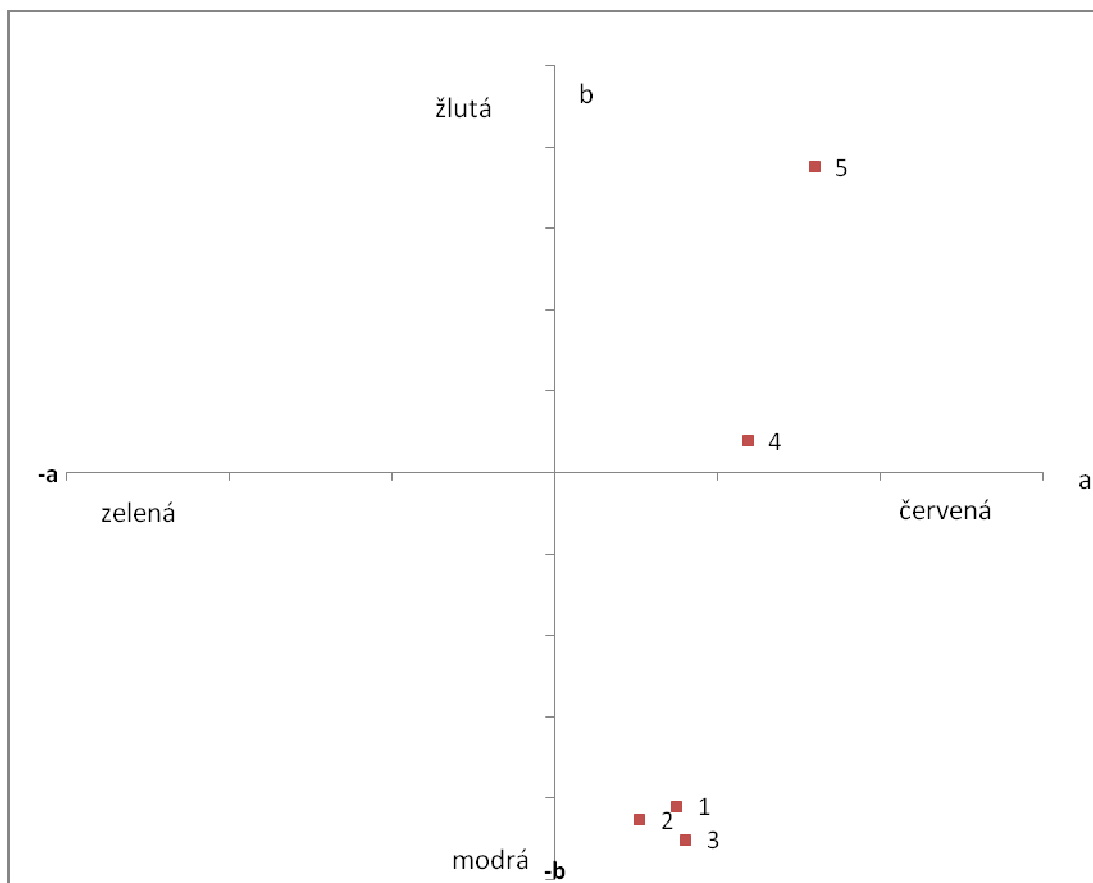
Obr. 3.17 Vliv změny technologických parametrů na parametr „a“



Obr. 3.18 Vliv změny technologických parametrů na parametr „b“

Tab 3.18 Diference průměrných hodnot koeficientů od norem

parametry	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
1	0,221	0,038	-0,205
2	0,305	0,026	-0,213
3	0,320	0,040	-0,225
4	0,066	0,060	0,020
5	-0,120	0,080	0,188



Obr. 3.19 Změna barevného odstínu v závislosti na změně parametrů vstřikování

3.7.3 Měření hmotnosti

Hmotnost byla měřena digitální váhou SNOWREX, NHV (viz. kapitola 3.5.3). Naměřené a vypočítané hodnoty jsou v tab. 3.19 až 3.23. Grafická závislost změny hmotnosti na změně technologických parametrů je znázorněna v obr. 3.20.

Tab. 3.19 Naměřená hmotnost vzorků dle parametrů „I“

Vzorek		Hmotnost [g]
1.1	PA	267,75
	PB	269,29
	LA	264,93
	LB	269,89

1.2	PA	267,51
	PB	269,09
	LA	264,65
	LB	269,56
1.3	PA	267,36
	PB	268,82
	LA	264,68
	LB	269,17
	průměr	267,73

Tab. 3.20 Naměřená hmotnost vzorků dle parametrů „2“

Vzorek		Hmotnost[g]
2.1	PA	267,04
	PB	268,63
	LA	264,43
	LB	269,08
2.2	PA	266,79
	PB	268,48
	LA	264,28
	LB	268,84
2.3	PA	266,90
	PB	268,45
	LA	264,35
	LB	268,82
	průměr	267,17

Tab. 3.21 Naměřená hmotnost vzorků dle parametrů „3“

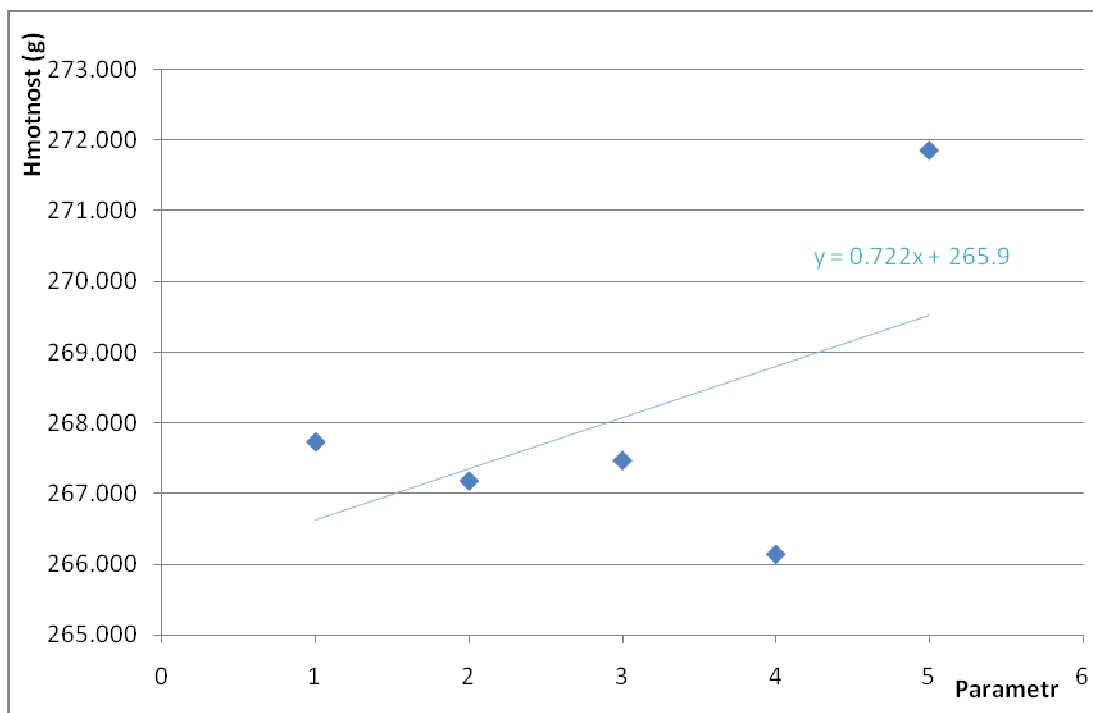
Vzorek		Hmotnost [g]
3.1	PA	267,36
	PB	268,84
	LA	264,70
	LB	269,03
3.2	PA	267,01
	PB	268,48
	LA	264,50
	LB	269,08
3.3	PA	267,40
	PB	268,90
	LA	264,89
	LB	269,38
	průměr	267,46

Tab. 3.22 Naměřená hmotnost vzorků dle parametrů „4“

Vzorek		Hmotnost [g]
4.1	PA	266,08
	PB	267,44
	LA	263,19
	LB	268,23
4.2	PA	266,03
	PB	267,34
	LA	263,18
	LB	267,97
4.3	PA	265,89
	PB	267,35
	LA	263,10
	LB	267,82
	průměr	266,14

Tab. 3.23 Naměřená hmotnost vzorků dle parametrů „5“

Vzorek		Hmotnost [g]
5.1	PA	271,70
	PB	273,00
	LA	268,85
	LB	273,48
5.2	PA	271,76
	PB	273,31
	LA	268,79
	LB	273,52
5.3	PA	271,90
	PB	273,20
	LA	269,15
	LB	273,62
	průměr	271,86



Obr. 3.20 Vliv změny technologických parametrů na hmotnost výrobku

3.8 Změna teploty formy a její vliv na lesk a barevný odstín výrobku

Na základě teoretických znalostí a po konzultaci s vedoucím a konzultantem diplomové práce bylo rozhodnuto soustředit se pouze na jeden technologický parametr vstřikování a to na teplotu formy. Způsob odebrání a značení vzorků je stejný jako v kapitole 3.6.3, stejně tak měření lesku, barevného odstínu a hmotnosti probíhaly obdobným způsobem, který byl popsán v kapitolách 3.7.1 až 3.7.3. Teplota formy byla měněna pomocí temperačního zařízení viz. obr.3.21, kdy se zvýšením teploty chladicí vody zvýší teplota formy. Změnu hodnot teploty formy znázorňuje tab. 3.24.

Tab. 3.24 Změna teploty formy

Teplota formy T_F [°C]	změna teploty [°C]
20	-5
25	série
35	+10
45	+20
55	+30

Tab. 3.25 Změna technologických parametrů, označení měření

Nastavení parametrů	Teplota taveniny T_{tav} [°C]			Teplota chladicí vody T_{CH} [°C]					Doba dotlaku t_d [s]		
	200	220	240	20	25	35	45	55	4,5	6	
„8“		x		x					x		
„1“		x			x				x		
„4“		x				x			x		
„6“		x					x		x		
„7“		x						x	x		



Obr. 3.21 Temperační zařízení

3.8.1 Měření lesku v závislosti na teplotě formy

Experimentální měření lesku probíhalo stejným způsobem a pomocí stejných měřících přípravků, jak je popsáno v kapitole 3.7.1. Naměřené hodnoty pro parametry „6, 7, 8“ jsou zaneseny v tab. 3.26 až 3.28, hodnoty pro parametry „1 a 4“ jsou v tab. 3.7 a 3.10 (kap. 3.7.1). Grafické znázornění naměřených hodnot, tzn. vlivu teploty formy na lesk výrobku je v obr. 3.22 a 3.23.

*Tab. 3.26 Naměřené hodnoty lesku dle technologických parametrů „6“
(viz. tab. 3.25)*

Vzorek		Lesk [-]			průměr±směrodatná odchylka
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	
6.1	PA	2,6	2,7	2,7	2,67±0,040
	PB	2,7	2,6	2,6	2,63±0,040
	LA	2,5	2,6	2,5	2,53±0,038
	LB	2,8	2,7	2,7	2,73±0,041
6.2	PA	2,6	2,7	2,6	2,63±0,040
	PB	2,7	2,7	2,7	2,70±0,041
	LA	2,4	2,5	2,6	2,50±0,038
	LB	2,6	2,5	2,5	2,53±0,038
6.3	PA	2,4	2,6	2,6	2,53±0,038
	PB	2,5	2,6	2,7	2,60±0,039
	LA	2,5	2,6	2,7	2,60±0,039
	LB	2,6	2,5	2,5	2,53±0,038
		průměr±směrodatná odchylka			2,60±0,039

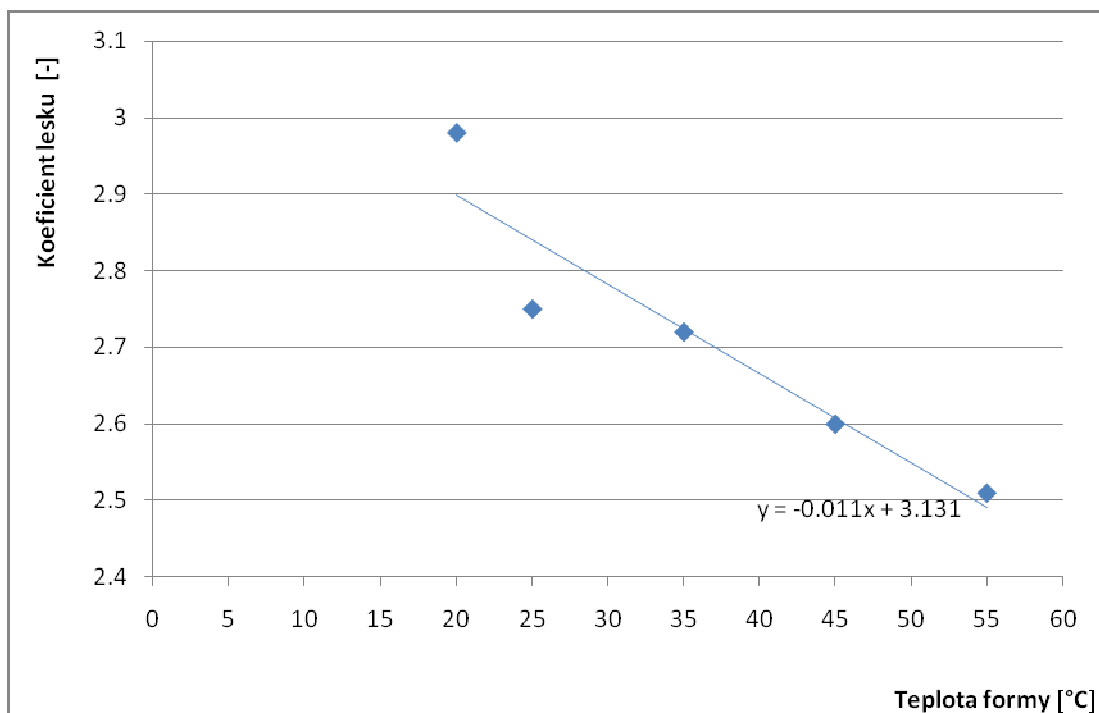
*Tab. 3.27 Naměřené hodnoty lesku dle technologických parametrů „7“
(viz. tab. 3.25)*

Vzorek		Lesk [-]			průměr±směrodatná odchylka
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	
7.1	PA	2,4	2,5	2,6	2,50±0,038
	PB	2,6	2,6	2,7	2,63±0,040
	LA	2,4	2,5	2,5	2,47±0,037
	LB	2,5	2,6	2,6	2,57±0,039
7.2	PA	2,6	2,5	2,5	2,53±0,038
	PB	2,6	2,6	2,6	2,60±0,039
	LA	2,4	2,4	2,5	2,43±0,037

	LB	2,4	2,5	2,5	2,47±0,037
7.3	PA	2,6	2,5	2,6	2,57±0,039
	PB	2,5	2,4	2,5	2,47±0,037
	LA	2,4	2,3	2,4	2,37±0,036
	LB	2,5	2,5	2,5	2,50±0,038
		průměr±směrodatná odchylka			2,51±0,038

Tab. 3.28 Naměřené hodnoty lesku dle technologických parametrů „8“
(viz. tab. 3.25)

Vzorek		Lesk [-]			
		<i>hodnota1</i>	<i>hodnota2</i>	<i>hodnota3</i>	<i>průměr±směrodatná odchylka</i>
8.1	PA	2,9	3,0	3,1	3,00±0,045
	PB	3,0	3,3	3,2	3,17±0,048
	LA	2,8	2,9	2,9	2,87±0,043
	LB	2,8	2,9	3,0	2,90±0,044
8.2	PA	3,1	3,2	3,0	3,10±0,047
	PB	2,9	2,9	3,2	3,00±0,045
	LA	2,9	2,9	3,0	2,93±0,044
	LB	2,8	2,8	2,9	2,83±0,043
8.3	PA	2,9	3,0	2,9	2,93±0,044
	PB	3,0	3,2	2,9	3,03±0,046
	LA	2,8	3,0	3,1	2,97±0,045
	LB	2,9	3,0	3,1	3,00±0,045
		průměr±směrodatná odchylka			2,98±0,045

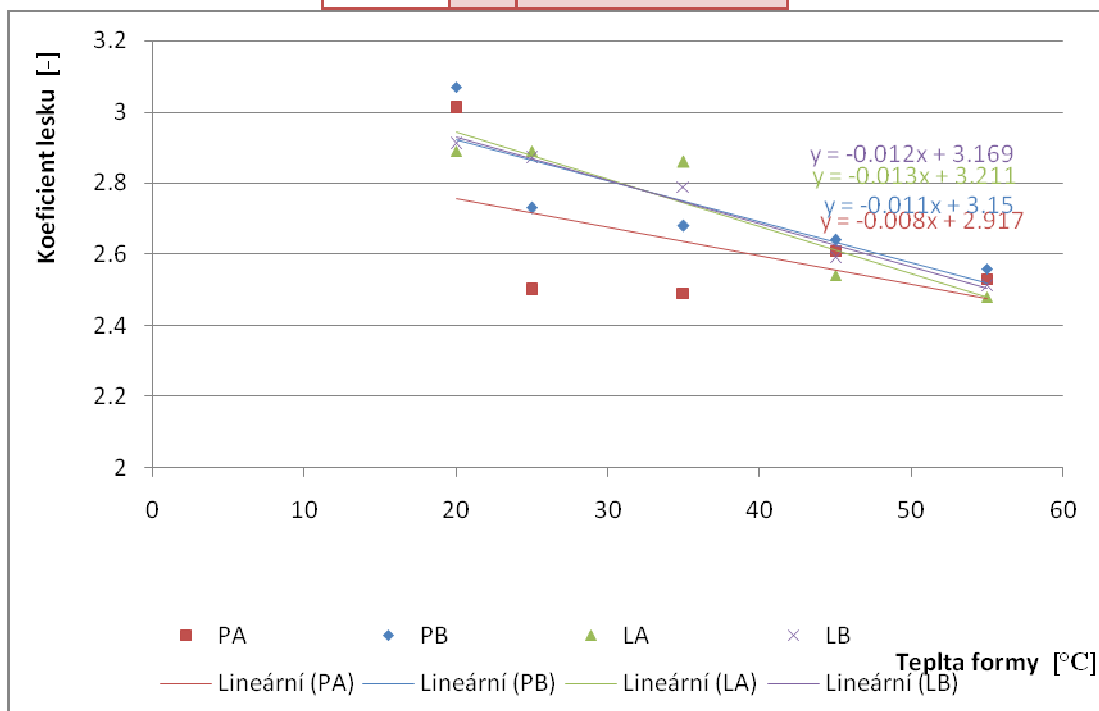


Obr. 3.22 Vliv teploty formy na lesk výrobku

Tab. 3.29 Vypočtené průměrné hodnoty lesku pro každou dutinu v závislosti na teplotě formy

Vzorek		Lesk
		<i>průměr±směrodatná odchylka</i>
1	PA	2,50±0,038
	PB	2,73±0,041
	LA	2,89±0,043
	LB	2,87±0,043
4	PA	2,49±0,037
	PB	2,68±0,041
	LA	2,86±0,043
	LB	2,79±0,042
6	PA	2,61±0,038
	PB	2,64±0,041
	LA	2,54±0,043
	LB	2,59±0,037
7	PA	2,53±0,043
	PB	2,56±0,041
	LA	2,48±0,037
	LB	2,51±0,038
	PA	3,01±0,043

8	PB	3,07±0,041
	LA	2,89±0,043
	LB	2,91±0,043



Obr. 3.23 Vliv teploty formy na lesk výrobků pro jednotlivé dutiny formy

3.8.2 Měření barevného odstínu v závislosti na teplotě formy

Měření barevného odstínu probíhalo opět stejně, jako v kapitole 3.7.2. Naměřené a vypočítané hodnoty jsou zaznamenány v tab. 3.30 až 3.34. Grafickou závislost barevného odstínu na teplotě formy znázorňují obr. 3.24, 3.25.

Tab. 3.30 naměřené hodnoty koeficientů barevného odstínu pro dutiny PA, PB

PA	L*	a*	b*	PB	L*	a*	b*
1.1	26,290	-0,117	-0,558	1.1	26,350	-0,157	-0,543
1.2	26,320	-0,138	-0,600	1.2	26,412	-0,166	-0,558
1.3	26,323	-0,153	-0,579	1.3	26,329	-0,161	-0,594
4.1	26,320	-0,212	-0,530	4.1	26,328	-0,153	-0,542
4.2	26,611	-0,100	-0,251	4.2	26,551	-0,116	-0,250
4.3	26,771	-0,040	-0,251	4.3	26,789	-0,092	-0,260
6.1	26,641	-0,102	-0,261	6.1	26,389	-0,092	-0,258
6.2	26,486	-0,112	-0,263	6.2	26,740	-0,118	-0,262

6.3	26,658	-0,099	-0,290	6.3	26,684	-0,054	-0,336
7.1	26,675	-0,103	-0,296	7.1	26,598	-0,079	-0,323
7.2	26,586	-0,124	-0,279	7.2	26,654	-0,082	-0,304
7.3	26,599	-0,087	-0,317	7.3	26,616	-0,096	-0,289
8.1	26,829	-0,119	-0,289	8.1	26,748	-0,104	-0,325
8.2	26,883	-0,127	-0,308	8.2	26,811	-0,066	-0,321
8.3	26,832	-0,093	-0,317	8.3	26,716	-0,125	-0,330

Tab. 3.31 naměřené hodnoty koeficientů barevného odstínu pro dutiny PA, PB

LA	L*	a*	b*	LB	L*	a*	b*
1.1	26,422	-0,158	-0,56	1.1	26,471	-0,146	-0,597
1.2	26,407	-0,134	-0,588	1.2	26,42	-0,114	-0,621
1.3	26,28	-0,099	-0,584	1.3	26,463	-0,179	-0,542
4.1	26,305	-0,153	-0,568	4.1	26,418	-0,16	-0,57
4.2	26,425	-0,141	-0,24	4.2	26,802	-0,088	-0,276
4.3	26,425	-0,082	-0,263	4.3	26,604	-0,121	-0,229
6.1	26,361	-0,149	-0,227	6.1	26,522	-0,104	-0,335
6.2	26,552	-0,124	-0,313	6.2	26,532	-0,066	-0,330
6.3	26,644	-0,078	-0,330	6.3	26,564	-0,105	-0,316
7.1	26,478	-0,089	-0,262	7.1	26,632	-0,080	-0,316
7.2	26,663	-0,122	-0,295	7.2	26,583	-0,069	-0,316
7.3	26,548	-0,109	-0,292	7.3	26,509	-0,123	-0,300
8.1	26,704	-0,088	-0,312	8.1	26,752	-0,140	-0,311
8.2	26,647	-0,091	-0,322	8.2	26,582	-0,094	-0,328
8.3	26,543	-0,093	-0,329	8.3	26,529	-0,101	-0,357

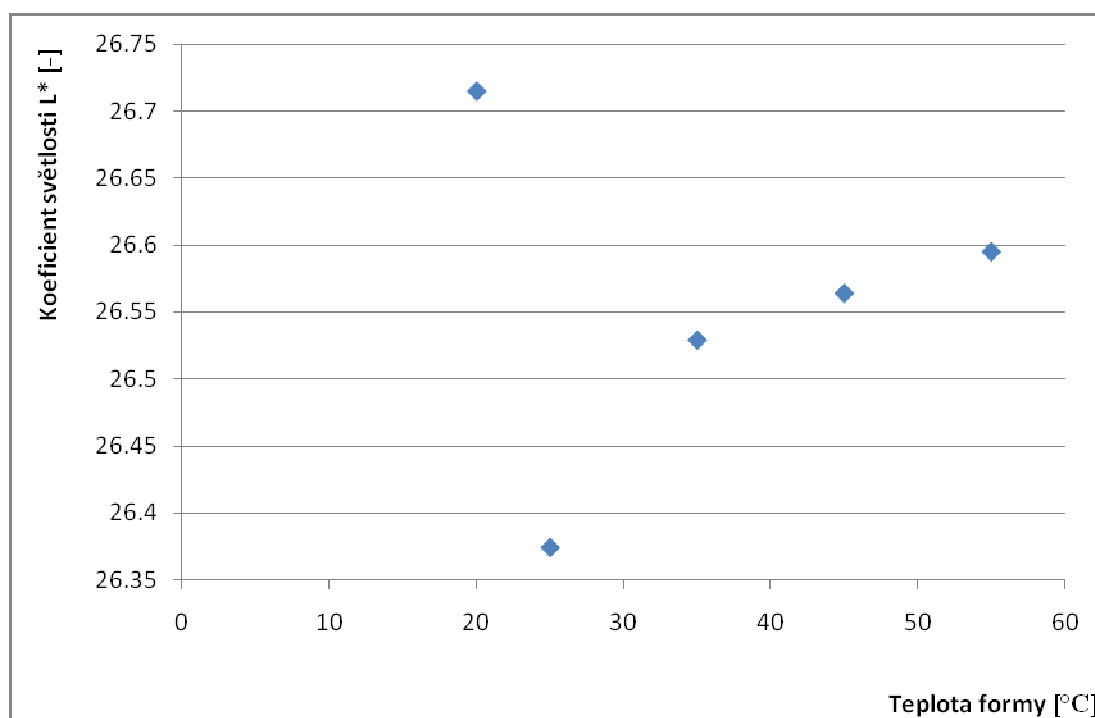
Tab 3.32 Průměrné hodnoty dle parametrů pro každou dutinu formy

parametr	tvar. dutina	průměr [-] ±0,500		
		L*	a*	b*
1	LA	26,370	-0,130	-0,577
	LB	26,451	-0,146	-0,587
	PA	26,311	-0,136	-0,579
	PB	26,364	-0,161	-0,565
4	LA	26,385	-0,125	-0,357
	LB	26,608	-0,123	-0,358
	PA	26,567	-0,117	-0,344
	PB	26,556	-0,120	-0,351
6	LA	26,519	-0,117	-0,290
	LB	26,539	-0,092	-0,327
	PA	26,595	-0,104	-0,271

	PB	26,604	-0,088	-0,285
7	LA	26,563	-0,107	-0,283
	LB	26,575	-0,091	-0,311
	PA	26,620	-0,105	-0,297
	PB	26,623	-0,086	-0,305
8	LA	26,631	-0,091	-0,321
	LB	26,621	-0,112	-0,332
	PA	26,748	-0,113	-0,305
	PB	26,758	-0,098	-0,325

Tab 3.33 Vypočítané průměrné hodnoty koeficientů dle teploty formy

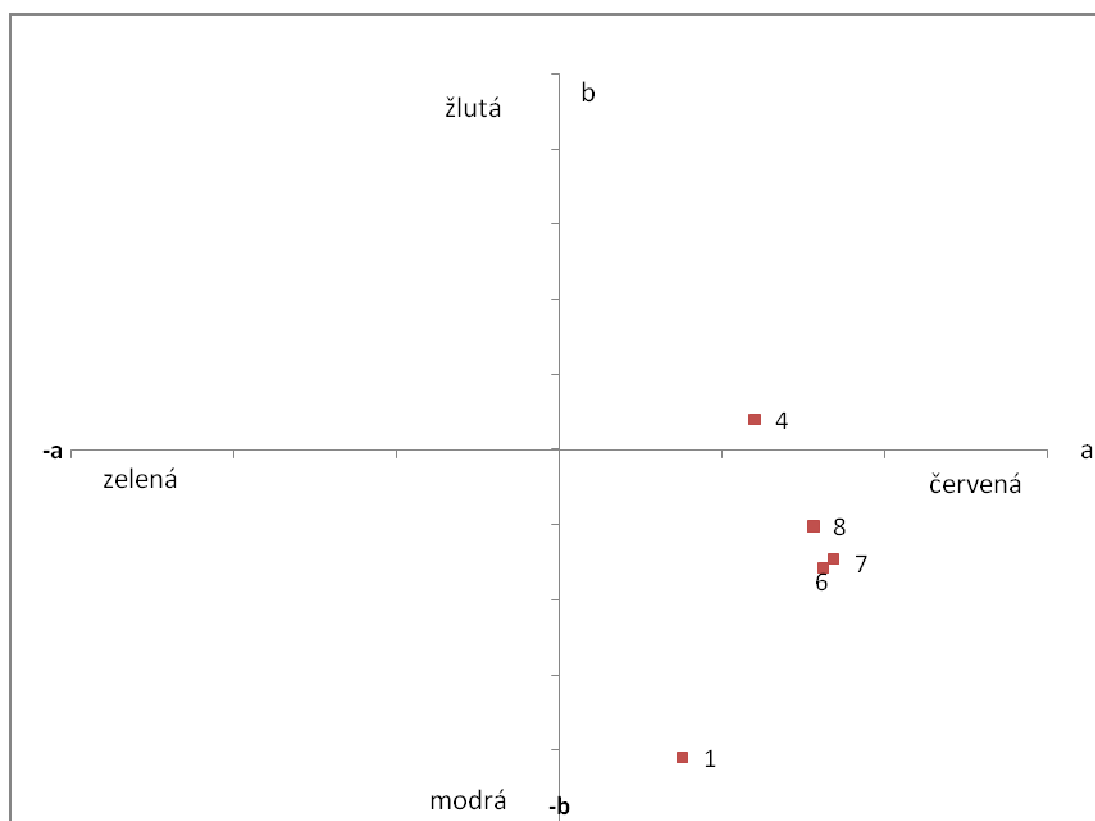
parametry	průměr [-] $\pm 0,500$		
	L*	a*	b*
1	26,374	-0,144	-0,577
4	26,529	-0,122	-0,353
6	26,564	-0,100	-0,293
7	26,595	-0,097	-0,299
8	26,715	-0,103	-0,321



Obr. 3.24 Vliv teploty formy na světlost výrobků

Tab 3.34 Diference průměrných hodnot koeficientů od norem

parametry	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
1	0,221	0,038	-0,205
4	0,066	0,060	0,020
6	0,031	0,081	-0,079
7	0,000	0,084	-0,073
8	-0,120	0,078	-0,051



Obr. 3.25 Změna barevného odstínu v závislosti na změně teploty formy

3.8.3 Měření hmotnosti v závislosti na teplotě formy

Měření hmotnosti probíhalo za pomoci stejného měřicího přístroje, jak je popsáno v kapitole 3.7.3. Naměřené hodnoty dle parametrů „6, 7, 8“ jsou zaznamenány v tabulkách 3.35 až 3.37. Hodnoty naměřené dle parametrů „1 a 4“ jsou v tab. 3.19 a 3.22. Grafickou závislost vlivu teploty vstřikovací formy na hmotnost výrobku znázorňuje obr. 3.26.

Tab. 3.35 Naměřené hodnoty hmotnosti dle parametrů „6“ (viz.tab 3.25)

Vzorek		Hmotnost [g]
6.1	PA	265,92
	PB	267,74
	LA	263,20
	LB	268,60

6.2	PA	265,52
	PB	267,21
	LA	262,55
	LB	267,67
6.3	PA	265,11
	PB	266,80
	LA	262,20
	LB	267,45
	průměr	265,83

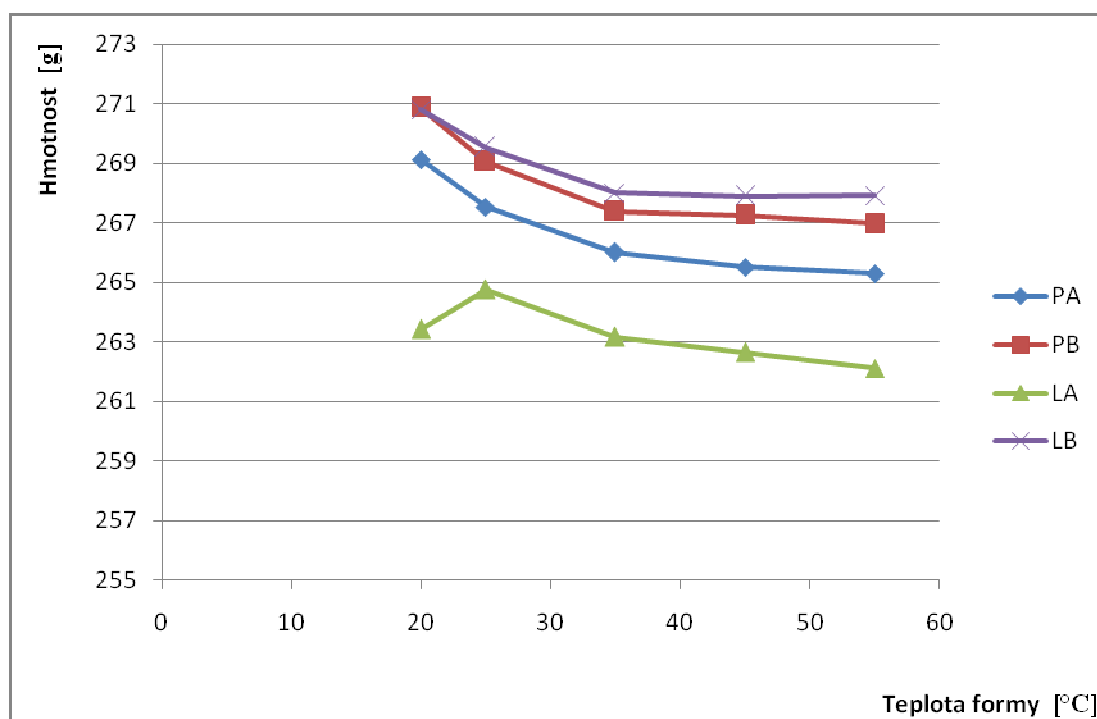
Tab. 3.36 Naměřené hodnoty hmotnosti dle parametrů „7“ (viz.tab 3.25)

Vzorek		Hmotnost [g]
7.1	PA	265,45
	PB	267,13
	LA	262,47
	LB	268,09
7.2	PA	265,33
	PB	267,04
	LA	262,10
	LB	268,01
7.3	PA	265,11
	PB	266,72
	LA	261,76
	LB	267,65
	průměr	265,57

Tab. 3.37 Naměřené hodnoty hmotnosti dle parametrů „8“ (viz.tab 3.25)

Vzorek		Hmotnost [g]
8.1	PA	269,70
	PB	271,38
	LA	267,17
	LB	271,07
8.2	PA	268,95
	PB	271,06
	LA	266,19
	LB	270,78

8.3	PA	268,70
	PB	270,16
	LA	256,88
	LB	270,55
	průměr	268,55



Obr. 3.26 Vliv teploty formy na hmotnost výrobků

4 Shrnutí výsledků měření:

Porovnání výsledků experimentálního měření při změně technologických parametrů bylo prováděno vzhledem k barevnému odstínu a lesku povrchu výrobku.

Z výsledků měření lesku výrobků v závislosti na teplotě taveniny zaznamenaných v tab. 3.7 až tab. 3.12 a znázorněných na obr. 3.11 a 3.12 je patrné, že změna teploty taveniny plastu nemá na lesk výrobků patrný vliv.

Naopak změna teploty vstřikovací formy významným způsobem ovlivňuje lesk povrchu. Vyšší teplota formy zde umožní vznik povrchu, který je schopen rozložit, resp. propustit dopadající světlo rovnoměrněji, než povrch vzniklý na povrchu dutiny formy o nižší teplotě. Naměřené hodnoty koeficientu lesku jsou v tab. 3.7, 3.9 a v tab. 3.26 až 3.28. Z obr. 3.22 je patrné, že k největšímu snížení lesku povrchu došlo při zvýšení teploty formy z 20 °C na 25 °C. Další zvyšování teploty formy mělo za následek pokles koeficientu lesku, ale rozdíl hodnot při jednotlivých teplotách již nebyly tak vysoké. Nejnižšího koeficientu lesku bylo dosaženo při teplotě formy 55 °C čímž se potvrdily teoretické znalosti. Teplota formy ovlivňuje nejen lesk výrobku ale také mechanické vlastnosti. Při vyšší teplotě formy chladne výrobek rovnoměrněji, takže obsahuje menší vnitřní pnutí a tím se zlepšuje jeho tvarová stabilita. U krystalických polymerů se zvyšuje obsah krystalické fáze a tím se zlepšují jejich mechanické vlastnosti. Při vyšší teplotě formy lze použít nižší teplotu taveniny, čímž se snižuje nebezpečí tepelné degradace polymeru.

Dalším důležitým technologickým parametrem, který značně ovlivňuje nejen povrch výrobku ale i mechanické vlastnosti je doba působení dotlaku. Z obr. 3.12 je patrné, že zvýšením doby dotlaku se lesk výrobku snižuje. Je to způsobeno tím, že na taveninu plastu působí dotlak delší dobu a ta je více „zatlačena“ do hloubky dezénu na povrchu dutiny formy. Čím více je dezén hlubší, tím méně povrch výrobku odráží světelné paprsky a výrobek je na pohled méně lesklý.

Z hodnot v tab. 3.14 až 3.17 a z obr. 3.16 až 3.19 je patrné, že teplota taveniny plastu nemá vliv na světlost a barevný odstín výrobku.

Změnou teploty formy můžeme v určitém rozmezí měnit světlost a barevný odstín výrobku (viz. obr. 3.16 a 3.19). Zvýšení teploty způsobí změnu hodnot na ose „a“ kolorimetrického prostoru směrem od modré barvy ke žluté. Posun hodnot na ose „b“ kolorimetrického prostoru (zelená-červená), je téměř nepatrný.

Změna doby dotlaku má rovněž patrný vliv na barevný odstín i světlost výrobku. Zvýšením doby dotlaku se opět posouvá hodnota na ose „a“, posun na ose „b“ je zanedbatelný.

Dalším parametrem výrobku, který byl sledován byla jeho hmotnost. Jak znázorňují tab. 3.19 až 3.23, tab. 3.35 až 3.37 a obr. 3.20 a 3.26, na hmotnost výrobků má

z vybraných parametrů vliv pouze doba dotlaku. Delší doba dotlaku způsobí „natlačení“ většího množství taveniny plastu do dutiny formy a tím zvýšení hmotnosti výrobku. To má za následek zvyšování spotřeby materiálu, tím zvyšování ceny výrobku a celkově způsobuje negativní dopad na ekonomii výroby.

V tab. 3.38 je znázorněna procentuální změna lesku ve vztahu k procentuální změně jednotlivých technologických parametrů. Jak bylo řečeno výše, k největšímu rozdílu hodnot došlo při zvýšení teploty z 20 °C na 25°C a nejlepších hodnot bylo dosaženo při teplotě formy 55 °C.

Tabulka 3.39 znázorňuje procentuální změnu hmotnosti výrobku ve vztahu k procentuální změně technologických parametrů. Jak je patrné, k výraznější změně hmotnosti došlo pouze při změně doby dotlaku. Tabulka procentuální změny hodnot koeficientů barevného odstínu není záměrně uvedena, protože z tabulky by nebylo patrné k jaké změně barevného odstínu došlo. Nejlépe je změna barevného odstínu vidět na obr. 3.19 a 3.25.

Tab. 3.38 Procentuální změna lesku v závislosti na změně technol. parametrů

Teplota taveniny [°C]	Změna [%]	Lesk	Změna lesku [%]
200	-9,1	2,80±0,042	+1,81
220	série	2,75±0,041	-
240	+9,1	2,76±0,041	+0,36
Teplota formy [°C]			
20	-20	2,98±0,045	+8,36
25	série	2,75±0,041	-
35	+40	2,72±0,041	-1,09
45	+80	2,60±0,039	-5,45
55	+120	2,51±0,038	-8,72
Doba dotlaku [s]			
4,5	série	2,75±0,041	-
6	+33	2,59±0,039	-5,81

Tab. 3.39 Procentuální změna hmotnosti v závislosti na změně technolog. parametrů

Teplota taveniny [°C]	Změna [%]	Hmotnost [g]	Změna hmotnosti [%]
200	-9,1	267,46	0,10
220	série	267,73	-
240	+9,1	267,17	0,20
Teplota formy [°C]			
20	-20	268,55	0,30
25	série	267,73	-
35	+40	266,14	0,60
45	+80	265,83	0,70
55	+120	265,57	0,80
Doba dotlaku [s]			
4,5	série	267,73	-
6	+33	271,86	1,54

5 Závěr

Všechny oblasti lidské činnosti se neustále rozvíjejí a zdokonalují. Nejinak tomu je i v oblasti zpracování plastů. Snaha oslovit pokud možno co nejvíce zákazníků a prosadit se na českém, ale i celosvětovém trhu mezi velmi vyspělou a kvalitní konkurencí výrobců a dodavatelů plastových výrobků vede ke zkracování výrobních cyklů a zároveň ke zvyšování kvality výrobků. Výroba rozhodující měrou ovlivňuje efektivnost podniku a konkurenční schopnost jeho výrobků. Ve výrobě a při její přípravě se rozhoduje o snižování výrobních nákladů, zkracování dodacích lhůt, zvyšování užitečnosti a efektivnosti výrobku a širší sortimentu. Potřeba automobilového průmyslu spočívá v nutnosti dodávek zákazníkům v požadovaném termínu, kvalitě a vyžaduje tedy co nejlépe optimalizovanou výrobu. To znamená například optimalizaci výrobních parametrů, tak aby docházelo k co nejefektivnější výrobě. Strojírenská výroba je složitá zejména širokým sortimentem hotových výrobků a vysokým počtem výrobních operací, proto je na optimalizaci výrobního procesu kladen ten největší důraz. A i přes úskalí (např. finanční a časové), které

optimalizace zprvu přináší, by se její přibrzdění stalo rizikem, jenž by mohlo postupem času vést k nesplnění požadavků zákazníků. Zvyšování konkurence klade na kvalitu výrobků a optimalizaci výrobního procesu ještě větší nároky. Na jedné straně to jsou požadavky, kladené na velmi dobré mechanické vlastnosti, na straně druhé to jsou požadavky na jejich, co možná nejlevnější a nejjednodušší výrobu. V neposlední řadě je kladen důraz i na bezpečnost, jelikož tyto výrobky přímo obklopují samotnou posádku vozidla. To je dosažitelné jen v případě je-li optimálně navržen výrobní proces a vhodně zvoleny použité materiály z nichž jsou výrobky zhotovovány.

V této diplomové práci je řešena optimalizace stávajících technologických parametrů vstřikování (teplota taveniny, teplota formy, doba dotlaku) při výrobě kapes zadních dveřních výplní automobilu VW Passat s ohledem na výsledný vzhled povrchu a také na cenu. Ekonomické hledisko je, vedle hledisek technologických, konstrukčních, funkčních, provozních, organizačních, aj., měřítkem vhodnosti a rentability výrobního procesu. Obecně je proto možno říci, že rentabilita je závislá kromě počtu vyrobených výrobků za rok, na požadovaném materiálu výrobku, velikosti výrobku, geometrické složitosti, na tolerancích tvarů a rozměrů, aj., také na technologických parametrech výrobního procesu pro daný výrobek. Velikost jednotlivých technologických parametrů totiž ovlivňuje výslednou cenu výrobku. Rostoucí teplota taveniny vede ke zvýšení energetické náročnosti při plastikaci, zvyšováním teploty formy se zvyšují energetické nároky na temperační systém, zvýšením doby dotlaku se zvyšuje hmotnost vyráběných dílů a tím spotřeba materiálu. Např. v tomto případě zvýšením doby působení dotlaku o 1,5 s vzroste hmotnost výrobků cca o 5 g, tzn., že se na jeden zdvih spotřebuje o 20 g materiálu více. Při produkci 927 zdvihů za den to znamená navýšení roční spotřeby materiálu o 4079 kg.

Teoretická část je zaměřena na popis technologie vstřikování, podrobněji pak na vliv jednotlivých elementů na kvalitu a vzhled vyráběných dílů. V experimentální části je popsán vybraný díl, materiál a vstřikovací stroj použitý pro experiment. Dále jsou zde zahrnuty výsledky měření a jejich grafické zpracování.

6 Seznam použité literatury

- /1/ LENFELD, P.: Technologie II., zpracování plastů. "Internetová podpora výuky technologie tváření kovů a plastů" (www.ksp.vslib.cz, listopad 2007)
- /2/ KREBS, J.: Teorie zpracování nekovových materiálů. Liberec: Technická univerzita v Liberci 2006.
- /3/ <http://www.machinerylubrication.com>, listopad 2007
- /4/ <http://www.synventive.com>, listopad 2007
- /5/ <http://www.scudc.scu.edu>, listopad 2007
- /6/ <http://www.engelglobal.com>, listopad 2007
- /7/ <http://www.arburg.com>, listopad 2007
- /8/ KREBS, J.: Teorie a technologie zpracování plastů. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci 1981.
- /9/ ŠAFAŘÍK, V.: Nástroje pro tváření kovů a plastů, cvičení. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní 1991.
- /10/ ŠAFAŘÍK, V.: Nástroje pro tváření kovů a plastů I. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní 1987.
- /11/ <http://www.alibre.com>, listopad 2007
- /12/ <http://www.glscorp.com>, listopad 2007
- /13/ BAKULE, K., FORTELNÝ, I.: *Základy fyziky polymeru 2. díl.* ÚMCH CSAV. Praha. 1988. 231 s.
- /14/ <http://www.volkswagen.cz/>, prosinec 2007
- /15/ <http://www.ides.com>, listopad 2007
- /16/ <http://www.kraussmaffei.com>, listopad 2007
- /17/ <http://www.gloss-meters.com>, listopad 2007

/18/ <http://www.bas.cz>, listopad 2007

/19/ <http://www.vahy.cz/>, listopad 2007

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL a Grupo Antolin Turnov s.r.o. ; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše. Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, 4. ledna 2008

.....

Tomáš Oplt

Doubí 99

463 45 Pěňčín

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL & Grupo Antolin Turnov s.r.o. of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Liberec, 4. January 2008

.....

Tomáš Opřt

Doubí 99

463 45 Pěňčín